

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Yuichi AKIYAMA et al.

Application No.: TBA

Group Art Unit: TBA

Filed: September 16, 2003

Examiner: TBA

For: METHOD OF MONITORING OPTICAL SIGNAL TO NOISE RATIO AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING THE SAME

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2002-273137

Filed: September 19, 2002

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 9-16-03

By: John C. Garvey

John C. Garvey  
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2002年 9月19日

出願番号  
Application Number:

特願2002-273137

[ST.10/C]:

[JP2002-273137]

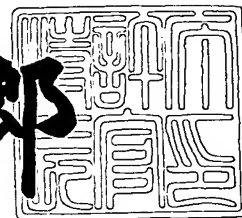
出願人  
Applicant(s):

富士通株式会社

2003年 1月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3002539

【書類名】 特許願

【整理番号】 0251130

【提出日】 平成14年 9月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/02

【発明の名称】 光信号対雑音比のモニタ方法およびそれを用いた光伝送システム

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 秋山 祐一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 寺原 隆文

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078330

【弁理士】

【氏名又は名称】 笹島 富二雄

【電話番号】 03-3508-9577

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009232

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9719433

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】光信号対雑音比のモニタ方法およびそれを用いた光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光伝送システムを伝送される光信号の偏光度を測定し、該偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光信号対雑音比を判断することを特徴とする光信号対雑音比のモニタ方法。

【請求項 2】

光送信装置から光伝送路を介して光受信装置に光信号を伝送する光伝送システムにおいて、

前記光信号の偏光度を測定する偏光度測定部と、

該偏光度測定部で取得される偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光信号対雑音比を判断する光信号対雑音比演算部と、

を備えて構成されたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の光伝送システムであって、

波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重光が伝送されるとき、

前記偏光度測定部は、前記波長多重光に含まれる各波長の光信号の偏光度をそれぞれ測定し、

前記光信号対雑音比演算部は、前記偏光度測定部で取得される偏光度の測定値に基づいて、各波長に対応した光信号対雑音比を判断することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の光伝送システムであって、

前記光信号に発生した偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償器と、該偏波モード分散補償器で偏波モード分散が補償された光信号の偏光度を測定する偏光度測定器と、該偏光度測定器の測定結果に基づいて前記偏波モード分散補償器における補償量を制御する制御回路と、を有する自動偏波モード分散補償装置を備えるとき、

前記光信号対雑音比演算部は、前記偏光度測定部に代えて前記自動偏波モード分散補償装置の偏光度測定器で取得される偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光信号対雑音比を判断することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の光伝送システムであって、

前記光信号対雑音比演算部で判断される光信号対雑音比に基づいて、前記光受信装置で受信される光信号の光信号対雑音比が予め設定した値となるように、前記光送信装置から出力される光信号のパワーを制御する制御部を備えたことを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システムにおける光信号対雑音比のモニタ技術に関し、特に、光信号の偏光度に基づいて光信号対雑音比をモニタする方法およびそれを用いた光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、10Gb/s（ギガビット/秒）の光波長分割多重伝送システムの実用化が開始されているが、近年の急激なネットワーク利用の増加により、さらなるネットワークの大容量化および超長距離化の要求が高まっていて、1波長あたりの伝送速度が40Gb/s以上の光波長分割多重伝送システムの研究開発が国内外で活発に行われている。このような40Gb/s以上の超長距離光伝送システムを実現するためには、光信号対雑音比（以下、光SNRとする）の確保とその安定性の向上とが重要になる。具体的に、例えば40Gb/s伝送での光SNRは、10Gb/s伝送での光SNRに対して6dB劣化するなどというように、1波長あたりの伝送速度が40Gb/s以上の光伝送システムにおいては、10Gb/sの光伝送システムと比較して原理的に光SNRが劣化するため、超長距離光伝送の実現には高い光SNRの確保が必須となる。

【0003】

一般に、光伝送システム全体で所要の光 S N R を確保するためには、例えば、送信端局の光出力パワー（すなわち、光伝送路への光入力パワー）を自己位相変調（Self Phase Modulation：S P M）効果による波形劣化が生じない範囲で高く設定する、送信端局の構成を工夫する、または、中継ノードにラマン増幅器を適用するなどといった様々な技術の導入が有効であり、4 0 G b / s 以上の光伝送システムへの導入の検討が活発になされている。

## 【 0 0 0 4 】

しかし、上記のような技術を導入したとしても、4 0 G b / s 以上の光伝送システムでは、要求される光 S N R に対して余裕が少ないため、システム稼動時に高い光 S N R を確保し、かつ、それを安定に保つための光 S N R のモニタ技術が重要になる。従来の光伝送システム内において光 S N R をモニタするための手段としては、例えばスペクトルアナライザユニット（S A U）等が利用されている。

## 【 0 0 0 5 】

ところで、4 0 G b / s 以上の光伝送システムにおいて伝送距離を制限する要因の1つとして、偏波モード分散（Polarization-mode Dispersion：以下、P M Dとする）がある。このPMDは、伝送路ファイバのコア形状がわずかに楕円化しているために、2つの直交偏波モード成分間に群遅延差を生じ、波形劣化を引き起こす現象である。具体的に、主に海外等に敷設された古いファイバには、単位長さ当たり0.5～2 p s / √ k mを超える大きなPMD値をもつと言われていたものもあり、4 0 G b / s の光伝送における伝送距離は、最悪PMD値を平均の3倍と仮定すると、3～5 0 k m程度に制限される。

## 【 0 0 0 6 】

このような伝送路環境において、4 0 G b / s 以上の光信号の長距離伝送を実現するには、発生するPMDが温度やストレス等の伝送路環境の変化に応じて経時的に変動するため、システム運用中に光信号の偏光状態をモニタしてPMDの補償を動的に行うことが必要となり、これに対応したPMD補償技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

## 【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 6 5 4 8 号公報

【0 0 0 8】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前述したような光伝送システム内で光 S N R をモニタするために用いられるスペクトルアナライザユニットは、その小型化および低コスト化を図るために光信号のパワー検出に絞られた機能のみを持つ場合が多く、光 S N R を高い精度でモニタすることが要求される 4 0 G b / s 以上の光伝送ではその測定精度に問題がある。また、動的な P M D 補償を行うことを考慮すると、上記のスペクトルアナライザユニットに加えて、光信号の偏光状態をモニタするためのユニットを設ける必要があり、システム構成の複雑化および高コスト化を招くことになる。

【0 0 0 9】

本発明は上記の点に着目してなされたもので、超高速な光伝送システムにおける光 S N R を高い精度で測定することのできるモニタ方法を実現することを目的とし、また、そのモニタ方法を用いることにより高い光 S N R を安定して確保することのできる光伝送システムを提供することを目的とする。

【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明にかかる光 S N R のモニタ方法は、光伝送システムを伝送される光信号の偏光度 (Degree of Polarization: D O P) を測定し、その測定した偏光度に基づいて伝送光の光 S N R を判断することを特徴とする。

【0 0 1 1】

上記の偏光度とは、光がどの程度偏光しているかを示す値であって、光信号パワーの総平均に占める偏光成分のパワーの割合を % で示したものであり、具体的には、次の (1) 式で表すことができる。

【0 0 1 2】



【数 1】

$$\text{DOP}(\%) = \frac{\text{偏光された出力}}{\text{総出力}} \times 100 \dots (1)$$

【0 0 1 3】

光伝送システムを伝送される光信号の偏光度は、その光信号の光 S N R に対応して変化するため、偏光度の測定値の変化量に応じて光 S N R の変化量を判断することが可能となる。このように伝送光の偏光度に基づいて光 S N R を判断することによって、伝送光の光 S N R を高い精度でモニタすることができるようになる。

【0 0 1 4】

本発明の光伝送システムは、光送信装置から光伝送路を介して光受信装置に光信号を伝送するシステムにおいて、前記光信号の偏光度を測定する偏光度測定部と、該偏光度測定部で取得される偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光 S N R を判断する光 S N R 演算部と、を備えて構成されるものである。

かかる構成では、光送信装置から光伝送路を介して光受信装置に伝送される光信号の偏光度が偏光度測定部によって測定され、その測定値に基づいて当該光信号の光 S N R が光 S N R 演算部によって高い精度で判断されるようになる。

【0 0 1 5】

また、上記の光伝送システムが自動偏波モード分散補償装置を備える場合には、前記偏光度測定部で測定される偏光度に代えて、自動偏波モード分散補償装置内の偏光度測定器により測定される偏光度を基に光信号の光 S N R をモニタするようにしてもよい。このような構成によれば、偏波モード分散の自動補償のために用意された偏光度測定器を光 S N R のモニタに利用することができるため、システム構成の簡略化および低コスト化を図ることが可能になる。

【0 0 1 6】

さらに、上記の光伝送システムについては、光 S N R 演算部で判断した光 S N R に基づいて、光受信装置で受信される光信号の光 S N R が予め設定した値とな

るように、光送信装置から出力される光信号のパワーを制御する制御部を備えるようにしてもよい。このような制御部を設けることにより、光受信装置で受信される光信号について所要の光 S N R を安定して確保することが可能になる。

【 0 0 1 7 】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 1 実施形態を示す構成図である。

図 1 に示すシステムは、例えば、光送信装置 1 および光受信装置 2 と、それらの間を接続する光伝送路 3 と、光伝送路 3 を伝搬して光受信装置 2 に送られる光信号の光 S N R をモニタするための光 S N R モニタ装置 1 0 と、を備えて構成される。また、光 S N R モニタ装置 1 0 は、例えば、光伝送路 3 を伝搬する光信号の一部をモニタ光として分岐する光カプラ 1 1 と、光カプラ 1 1 で分岐したモニタ光の偏光度を測定する D O P 測定器 1 2 と、D O P 測定器 1 2 で測定した偏光度に基づいて光信号の光 S N R を判断する光 S N R 演算回路 1 3 と、を有する。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、上記の D O P 測定器 1 2 の具体的な構成例とその測定方式を説明する図である。

図 2 に示す D O P 測定器 1 2 は、光カプラ 1 1 で分岐されたモニタ光をミラー 1 2 A を使って反射させることにより 4 つの光  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_4$  に分岐し、各光  $m_1 \sim m_4$  を偏光板 1 2 B<sub>1</sub>, 1 2 B<sub>2</sub>, 1 2 B<sub>3</sub> または波長板 1 2 C を介して受光器 1 2 D<sub>1</sub>, 1 2 D<sub>2</sub>, 1 2 D<sub>3</sub>, 1 2 D<sub>4</sub> に送り、各々の光パワー  $P_1 \sim P_4$  を検出して偏光度を測定する構成である。具体的に、ここではミラー 1 2 A で反射された光  $m_1$  は、主軸の角度が  $0^\circ$  の偏光板 1 2 B<sub>1</sub> を通って受光器 1 2 D<sub>1</sub> で受光されて当該パワー  $P_1$  が測定され、光  $m_2$  は、主軸の角度が  $45^\circ$  の偏光板 1 2 B<sub>2</sub> を通って受光器 1 2 D<sub>2</sub> で受光されて当該パワー  $P_2$  が測定される。また、光  $m_3$  は、 $\lambda/4$  板 1 2 C および主軸の角度が  $135^\circ$  の偏光板 1 2 B<sub>3</sub> を順に通って受光器 1 2 D<sub>3</sub> で受光されて当該パワー  $P_3$  が測定され、光  $m_4$  は、直接受光器 1 2 D<sub>4</sub> で受光されて当該パワー  $P_4$  が測定される。

## 【 0 0 1 9 】

各受光器 1 2 D<sub>1</sub> ~ 1 2 D<sub>4</sub> で測定された光パワー P<sub>1</sub> ~ P<sub>4</sub> は、図 2 の右側に示すように、光信号の偏光状態を記述するストークスパラメータ S<sub>0</sub> ~ S<sub>3</sub> に変換される。ここで、S<sub>0</sub> は全パワー、S<sub>1</sub> は水平と垂直の直線偏光成分のパワー差、S<sub>2</sub> は + 4 5 ° と - 4 5 ° の直線偏光成分のパワー差、S<sub>3</sub> は右回りと左回りの円偏光成分のパワー差である。そして、上記のようなストークスパラメータ S<sub>0</sub> ~ S<sub>3</sub> を用いて、次の ( 2 ) 式に従い光信号の偏光度が求められる。

## 【 0 0 2 0 】

## 【数 2】

$$\text{DOP} = \frac{\sqrt{(S_1^2 + S_2^2 + S_3^2)}}{S_0} \dots (2)$$

## 【 0 0 2 1 】

なお、ここでは図 2 に示したようなモニタ構成の一例を示したが、本発明に適用可能な DOP 測定器の構成はこれに限られるものではない。例えば、DOP 測定器の他の構成として、文献：宮腰泰平、外 3 名、「偏波解析モジュールの波長依存性に関する検討」、2 0 0 1 年電子情報通信学会総大会，B - 1 0 - 9 5 に示された構成を適用することも可能であり、この構成によればモニタの小型化と測定の高精度化を図ることができるようになる。

## 【 0 0 2 2 】

光 SNR 演算回路 1 3 は、上記の DOP 測定器 1 2 で測定された偏光度を用いて、後述するような偏光度と光 SNR の関係を基に光伝送路 3 を伝搬した光信号の光 SNR を演算し、その結果を示す信号を外部等に出力する。

ここで、一般的な光伝送システムにおいて光送受信装置間を伝送される光信号の偏光度と光 SNR の関係について詳しく説明する。

## 【 0 0 2 3 】

信号光は光送信装置から直線偏光で出力され光ファイバで伝送される。この光ファイバは長さ方向におけるコアの構造的な歪みや材料の不均一により、直線偏

光を所定の偏光状態の光に変換する。理想的に、所定の偏光状態に偏光が固定されていれば、偏光度は100%となる。

一方、ノイズとなる光は、伝送路となる光ファイバの中間に設けた光増幅器から発生する自然放出光（ASE光）が支配的で、無偏光な光である。

【0024】

ここで、信号光は特定の偏光状態を持つ光とし、ノイズ光は無偏光な光と定義して、特定の波長 $\lambda_X$ の光に着目して、図3のスペクトル図を見える。なお、図3の（A）は光SNRが良い状態の一例を示しており、（B）は光SNRが悪い状態を示している。また、図中の $p_0$ は波長 $\lambda_X$ の光の全パワーを示し、 $p_S$ は特定の偏光状態を持つ光のパワーを示し、 $p_N$ は無偏光な光（ノイズ光）のパワーを示している。

【0025】

図3の（A）に示した光SNRが良い状態では、無偏光の光パワー $p_N$ が小さく、特定の偏光状態の光パワー $p_S$ が大きくなる。このような波長 $\lambda_X$ の光を図2のシステムで検出すると、波長 $\lambda_X$ の光の全パワー $S_0$ は $p_0$ となり、それから無偏光の光パワー $p_N$ を引いた分が特定の偏光状態の光パワー成分、すなわち、 $P_S$ に応じて偏光度が求められる。

【0026】

図3の（B）に示した光SNRが悪い状態では、上記（A）の良い状態のときに比べて、無偏光の光パワー $p_N$ が大きく、特定の偏光状態の光パワー $p_S$ が小さくなる。このため、図2のシステムで求められる偏光度は、光SNRが良い状態のときの値よりも小さくなる。

すなわち、ノイズ光のパワーが大きくなり光SNRが劣化すると偏光度は小さくなる。よって、偏光度を計測することで光SNRも計測することが可能になる。

【0027】

図4は、偏光度の経時的な変化の様子を模式的に表した説明図であって、（A）は伝送光に信号成分がなく、伝送路上に光増幅器が配置されている場合に発生するASE光などの雑音成分のみが伝送される場合、（B）は伝送光に信号成分

が含まれる場合を示したものである。なお、図中の矢印の方向は伝送光の偏光方向に対応している。

#### 【 0 0 2 8 】

図 4 (A) に示すように、雑音成分のみが伝送される場合には、伝送光は無偏光状態になるため、その偏光度は 0 % となる。これに対して、図 4 (B) に示すように、偏光状態の揃った光信号が伝送される場合には、伝送後の光信号の偏光度は、時間の経過に伴って、光 S N R の変化による影響を受けて劣化するようになる。ここでは、システム導入時の伝送光の偏光度を X % として初期状態とし、ある時間 T が経過した後の偏光度が Y % ( $X > Y$ ) に劣化したとすると、初期状態からの劣化分 ( $X - Y$ ) % が、光 S N R の変化分に対応するようになるため、時間 T での光 S N R を上記の ( $X - Y$ ) % を基に判断することが可能となる。なお、伝送光が受ける波長分散については、偏光度に影響を及ぼさないことが知られている。

#### 【 0 0 2 9 】

また、偏波モード分散 (PMD) の影響を考慮した場合の偏光度と光 S N R の関係は、例えば図 5 に示すようになる。すなわち、上記の場合と同様に初期状態において X % であった伝送光の偏光度は、偏波モード分散の補償を行わない場合、時間の経過に伴って、光 S N R の変化の影響および偏波モード分散の変化の影響をそれぞれ受けて、図 5 (A) に示すように劣化していく。これに対して、偏波モード分散の補償を行う場合には、システム稼動時に偏光度が常に最大となるように偏波モード分散の補償量がフィードバック制御されるため、図 5 (B) に示すような経時的な偏光度の劣化は、光 S N R の変化による影響のみを受けて生じることになる。したがって、伝送光の偏光度が初期状態の X % からある時間 T の経過後に Y % に劣化したとすると、その劣化分 ( $X - Y$ ) % が光 S N R の変化分に対応するようになるため、時間 T での光 S N R を ( $X - Y$ ) % を基に判断することが可能となる。

#### 【 0 0 3 0 】

上記のような偏光度と光 S N R の関係に基づいて、具体的に、第 1 実施形態における光 S N R モニタ装置 1 0 では、光送信装置 1 から送信され光伝送路 3 を伝

搬した後の光信号の一部がモニタ光として光カプラ 1 1 により分岐され、測定器 1 2 によりモニタ光の偏光度が測定されて、その結果が光 S N R 演算回路 1 3 に伝えられる。光 S N R 演算回路 1 3 には、システム導入時における伝送光の偏光度の初期値 X % が記憶されていて、D O P 測定器 1 2 で測定された所要の時間における偏光度 Y % を用いて偏光度の劣化分  $(X - Y) \%$  が求められ、その劣化分  $(X - Y) \%$  に応じて伝送後の光信号の光 S N R が判断される。

#### 【 0 0 3 1 】

このように第 1 実施形態によれば、伝送光の偏光度に基づいて光 S N R をモニタするようにしたことで、従来のように機能の限定されたスペクトルアナライザユニットを利用する場合に比べて、伝送光の光 S N R を高い精度でモニタすることが可能になる。

なお、上記の第 1 実施形態では、光伝送路 3 上に光中継器等が配置されていない無中継光伝送システムについて本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した一例を示したが、例えば図 6 に示すように、光伝送路 3 上に所要の間隔で光中継器 4 が配置された多中継光伝送システムについても本発明のモニタ方法を適用することが可能である。この場合、各中継区間に対応させて光 S N R モニタ装置 1 0 をそれぞれ設けることができ、各々の中継区間を伝送された光信号の光 S N R や全中継区間を伝送された光信号の光 S N R をモニタすることが可能になる。

#### 【 0 0 3 2 】

次に、本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 2 実施形態について説明する。

図 7 は、第 2 実施形態の光伝送システムを示す構成図である。なお、上記第 1 実施形態の光伝送システムの構成と同様の部分には同じ符号を付してその説明を省略するものとし、以下、他の図面においても同様とする。

#### 【 0 0 3 3 】

図 7 に示す構成は、波長の異なる複数の光信号（ここでは n 波の光信号とする）を波長多重した WDM 光が光送信装置 1 から光伝送路 3 を介して光受信装置 2 に伝送される WDM 光伝送システムについて本発明の光 S N R のモニタ方法を適用した一例を示すものである。

具体的に光送信装置 1 は、例えば、波長の異なる  $n$  波の光信号を発生する送信器 (E/O) 1 A-1, 1 A-2, ... 1 A- $n$  と、各送信器 1 A-1 ~ 1 A- $n$  で発生した各々の波長の光信号を波長多重する合波器 1 B と、合波器 1 B から出力される WDM 光を所要のレベルまで増幅して光伝送路 3 に送信する光アンプ 1 C と、を有する。

## 【 0 0 3 4 】

また、光受信装置 2 は、光伝送路 3 を伝搬した WDM 光を所要のレベルまで増幅する光アンプ 2 A と、光アンプ 2 A から出力される WDM 光を波長に応じて分離する分波器 2 B と、分波器 2 B で分離された各波長の光信号をそれぞれ受信する受信器 (O/E) 2 C-1 ~ 2 C- $n$  と、を有し、各受信器 2 C-1 ~ 2 C- $n$  で受信される各々の光信号の光 SNR をモニタするための光 SNR モニタ装置 1 0-1 ~ 1 0- $n$  が、分波器 2 B および各受信器 2 C-1 ~ 2 C- $n$  の間にそれぞれ挿入されている。各光 SNR モニタ装置 1 0-1 ~ 1 0- $n$  は、前述した第 1 実施形態の場合と同様に、光カプラ 1 1、DOP 測定器 1 2 および光 SNR 演算回路 1 3 からなる。

## 【 0 0 3 5 】

上記のような構成の光伝送システムでは、光伝送路 3 を伝搬した後の WDM 光の各波長に対応した光信号について、各光 SNR モニタ装置 1 0-1 ~ 1 0- $n$  により、偏光度に基づいて各々の光 SNR がそれぞれモニタされるようになる。これにより、WDM 光伝送システムについても、前述した第 1 実施形態の場合と同様にして、各波長の光信号の光 SNR を高い精度でモニタすることが可能になる。

## 【 0 0 3 6 】

次に、本発明にかかる光 SNR のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 3 実施形態について説明する。

図 8 は、第 3 実施形態の光伝送システムを示す構成図である。

図 8 において、本光伝送システムの構成が前述の図 7 に示した第 2 実施形態の場合と異なる部分は、光受信装置 2 の各受信器 2 C-1 ~ 2 C- $n$  に対応させて光 SNR モニタ装置 1 0-1 ~ 1 0- $n$  をそれぞれ設ける代わりに、光スイッチ

を利用することでDOP測定器12および光SNR演算回路13を各波長で共用化した光SNRモニタ装置10を設けるようにした部分である。

【0037】

具体的に、本実施形態の光SNRモニタ装置10は、光受信装置2の分波器2Bから各受光器2C-1～2C-nに送られる各々の波長の光信号の一部をモニタ光として分岐する光カプラ11-1～11-nと、各光カプラ11-1～11-nで分岐したモニタ光のうちのいずれか1つを選択して出力する光スイッチ14と、光スイッチ14から出力されるモニタ光の偏光度を測定するDOP測定器12と、DOP測定器12の測定結果に基づいて当該光信号の光SNRを判断する光SNR演算回路13と、からなる。

【0038】

このような光SNRモニタ装置10では、各受光器2C-1～2C-nに送られる光信号の光SNRが択一的にモニタされ、光スイッチ14のスイッチング動作によって光SNRのモニタ対象となる光信号が適宜に切り替えられるようになる。これにより、一式の光スイッチ14、DOP測定器12および光SNR演算回路13を用いてn波の光信号の光SNRをモニタすることができるため、装置構成の簡略化を図ることが可能になる。

【0039】

なお、前述した第2実施形態および第3実施形態では、無中継WDM光伝送システムについて本発明のモニタ方法を適用した一例を示したが、例えば図9および図10に示すように、光伝送路3上に所要の間隔で光中継器4が配置された多中継WDM光伝送システムについても第2実施形態および第3実施形態と同様にして本発明のモニタ方法を適用することが可能である。

【0040】

また、多中継WDM光伝送システムについて中継区間ごとに光SNRをモニタすることも可能である。具体的には、例えば図11に示すように、光カプラ11とDOP測定器12の間に波長可変光フィルタ15を挿入した光SNRモニタ装置を各中継区間に対応させて設け、波長可変光フィルタ15の透過波長を変化させることにより所望の波長の光信号についての光SNRをモニタするようにして



もよい。なお、図 1 1 の構成例では、光受信装置 2 についても波長可変光フィルタ 1 5 を用いた光 SNR モニタ装置 1 0 を光アンプ 2 A と分波器 2 B の間に設けるようにしているが、前述の図 7 や図 8 に示したような構成の光受信装置を用いることも可能である。

## 【 0 0 4 1 】

次に、本発明にかかる光 SNR のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 4 実施形態について説明する。

図 1 2 は、第 4 実施形態の光伝送システムを示す構成図である。

図 1 2 において、本実施形態の光伝送システムは、例えば、ビットレートが 4 0 G b / s の 1 波の光信号を光送信装置 1 から光伝送路 3 を介して光受信装置 2 に無中継伝送すると共に、受信端に設置した自動 PMD 補償装置 2 0 により伝送光に生じた PMD を動的に補償するシステムについて、本発明の光 SNR のモニタ方法を適用したものである。

## 【 0 0 4 2 】

上記の自動 PMD 補償装置 2 0 は、具体的には例えば、PMD 補償器 2 1、光カプラ 2 2、DOP 測定器 2 3 および制御回路 2 4 を有する。PMD 補償器 2 1 は、入力される光信号に対して、光伝送路 3 で生じた PMD と逆符号の遅延を与えるものであって、その遅延量が可変な公知の光デバイスである。PMD 補償器 2 1 を通過した光信号は、光カプラ 2 2 を介して光受信装置 2 に送られると共に、その一部がモニタ光として光カプラ 2 2 で分岐されて DOP 測定器 2 3 に送られる。DOP 測定器 2 3 は、光カプラ 2 2 からのモニタ光の偏光度を測定する。この DOP 測定器 2 3 は、上述の第 1 ～第 3 実施形態で光 SNR モニタ装置 1 0 に用いた DOP 測定器 1 2 と同様のものである。制御回路 2 4 は、DOP 測定器 2 3 で測定される偏光度が最大になるように PMD 補償器 2 1 の遅延量をフィードバック制御するものである。

## 【 0 0 4 3 】

上記のような自動 PMD 補償装置 2 0 が受信端に設置される 4 0 G b / s の光伝送システムについては、上述した第 1 ～第 3 実施形態の場合と同様の光 SNR 演算回路 1 3 を付設し、PMD の動的な補償のために DOP 測定器 2 3 で測定さ

れる偏光度を光 S N R 演算回路 1 3 に与えるようにするだけで、伝送光の光 S N R を偏光度に基づいてモニタすることができるようになる。これにより、スペクトルアナライザユニット等の光 S N R をモニタするためのユニットと、偏光状態をモニタするためのユニットとをそれぞれ設ける必要がなくなるため、4 0 G b / s の光伝送システムの構成の簡略化および低コスト化を図ることが可能になる。

#### 【 0 0 4 4 】

なお、上記の第 4 実施形態では、伝送光のビットレートが 4 0 G b / s のシステムについて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、伝送光の偏光度を測定して PMD の動的な補償を行うことが必要となる任意の伝送速度の光伝送システムについて本発明のモニタ方法は有効である。

また、上記の第 4 実施形態では、無中継光伝送システムについて本発明のモニタ方法を適用した一例を示したが、例えば図 1 3 に示すように、光伝送路 3 上に所要の間隔で光中継器 4 が配置された多中継光伝送システムについても同様にして本発明のモニタ方法を適用することが可能である。

#### 【 0 0 4 5 】

さらに、上記の第 4 実施形態では、単一波長の光信号を伝送するシステムについて説明したが、上述した第 2 および第 3 実施形態の場合と同様に、波長の異なる  $n$  波の光信号を波長多重した WDM 光が伝送される WDM 光伝送システムについても応用することが可能である。具体的には、例えば図 1 4 に示すように、光受信装置 2 の分波器 2 B と各光受信器 2 C - 1 ~ 2 C -  $n$  との間に自動 PMD 補償装置 2 0 - 1 ~ 2 0 -  $n$  をそれぞれ設置して各波長の光信号ごとに PMD の動的な補償を行うシステムについて、各自動 PMD 補償装置 2 0 - 1 ~ 2 0 -  $n$  に対応させて光 S N R 演算回路 1 3 - 1 ~ 1 3 -  $n$  をそれぞれ付設し、各々の D O P 測定器 2 3 で測定される偏光度を対応する光 S N R 演算回路 1 3 に与えるようにしてもよい。また、例えば図 1 5 に示すように、光スイッチ 2 5 を利用して共用化した D O P 測定器 2 3 により各波長に対応した偏光度の測定を行い、各々の PMD 補償器 2 1 - 1 ~ 2 1 -  $n$  の可変の遅延量を共通の制御回路 2 4 から出力される信号に従ってフィードバック制御するシステムについては、共用化し

たDOP測定器23に対応させて光SNR演算回路13を付設することが可能である。

【0046】

加えて、前述の図13に示したような多中継光伝送システムについて中継区間ごとに自動PMD補償を行う場合には、各中継区間に設置される自動PMD補償装置に対応させて光SNR演算回路13を付設して偏光度に基づいた光SNRのモニタを行うようにしてもよい。具体的に、1波の光信号が伝送される多中継光伝送システムについては、例えば図16に示すようなシステム構成となる。また、WDM光が伝送される多中継WDM光伝送システムについては、例えば図17に示すように、各中継区間においてWDM光が分波器26Aで波長ごとに分離され、各波長に対応した自動PMD補償装置20-1～20-nでPMDの補償が行われ、補償後の各光信号が合波器26Bで波長多重されて光伝送路3に送られる構成に対して、各自動PMD補償装置20-1～20-nに対応させて光SNR演算回路13-1～13-nをそれぞれ付設して各々の波長ごとに偏光度に基づいた光SNRのモニタを行うことが可能である。

【0047】

ここで、上述した第1～第4実施形態における偏光度に基づいた光SNRのモニタ方法に関する好ましい応用例について記述する。

上述の図4(B)や図5に示したように、光伝送路3を伝搬した光信号の偏光度は、システム導入時の初期値に対して基本的に時間の経過と共に劣化する。しかし、例えば、光伝送システムを構成する機器やシステムの運用状況などが変更されることで伝送光の偏光度が初期値を超えるような状況も想定される。具体的には、例えば図18に示すように、システム導入時の偏光度の初期値がX%であり、時間T1が経過した時の偏光度がY% ( $X > Y$ ) に劣化した後、時間T2 ( $T2 > T1$ ) が経過した時の偏光度が初期値を上回るA% ( $A > X$ ) になり、時間T3 ( $T3 > T2$ ) が経過した時の偏光度がB% ( $A > B$ ) に劣化するような状況が発生する可能性がある。このような状況では、例えば、次のようなアルゴリズムに従って、DOP測定器で測定される偏光度を基に光SNRを判断することが望ましい。

## 【 0 0 4 8 】

すなわち、まず、システム導入時の偏光度の初期値  $X\%$  を光 SNR 演算回路 13 に記憶する。そして、DOP 測定器で測定される偏光度の最大値の検知を行いながら偏光度に基づいて光 SNR をモニタする。そして、上記の図 18 に示した時間  $T_1$  では、伝送光の偏光度の測定値  $Y\%$  を用いて偏光度の劣化分  $(X - Y)\%$  を求めることにより光 SNR の変化分を判断する。時間  $T_2$  では、偏光度の測定値  $A\%$  が初期値  $X\%$  を超えたことが検知されることにより、その測定値  $A\%$  を偏光度の初期値として再設定し、それ以降の光 SNR のモニタにおける基準とする。そして、時間  $T_3$  において偏光度の測定値が  $B\%$  になると、再設定した初期値  $A\%$  からの劣化分  $(A - B)\%$  に基づいて光 SNR の変化分を判断する。このように、伝送光の偏光度について最大値検知を行い、偏光度の初期値の再設定を逐次行うようにすることで、伝送光の光 SNR をより正確にモニタすることが可能になる。

## 【 0 0 4 9 】

次に、本発明にかかる光 SNR のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 5 実施形態について説明する。

図 19 は、第 5 実施形態の光伝送システムを示す構成図である。

図 19 に示すシステム構成は、受信端に設置した光 SNR モニタ装置 10 でモニタされる伝送光の光 SNR に応じて、光送信装置 1 から光伝送路 3 に送信される光信号のパワーをフィードバック制御することにより、光受信装置 2 で受信される光信号について所望の光 SNR が得られるようにした無中継光伝送システムの一例である。具体的に、ここでは例えば上り回線について、光 SNR モニタ装置 10 で取得された伝送光の光 SNR に関する情報が、下り回線の光送信装置 1' に伝えられる。光送信装置 1' は、上り回線側の光 SNR に関する情報を含んだ監視信号 (SV 信号) を生成し、その監視信号を下り回線の送信光に多重して光伝送路 3' に送出し光受信装置 2' に送る。光受信装置 2' は、受信した監視信号を基に上り回線側の光 SNR に関する情報を識別し、その情報を上り回線の光送信装置 1 に伝える。光送信装置 1 は、下り回線を介してフィードバックされた伝送光の光 SNR に応じて、制御回路 1c から出力される制御信号に従って例

例えば光源 1 a の駆動状態を調整することにより光伝送路 3 に送出する光信号のパワーを制御し、受信端で所望の光 S N R が得られるようにする。なお、光送信装置 1 内の変調器 1 b は、フィードバック制御された光源 1 a から出力される連続光をデータ信号に従って変調する外部変調器である。

#### 【 0 0 5 0 】

上記のような構成の光伝送システムによれば、受信端の光 S N R モニタ装置 1 0 でモニタされた伝送光の光 S N R を光送信装置 1 にフィードバックして送信光のパワーを制御するようにしたことで、光受信装置 2 で受信される光信号について高い光 S N R を安定して確保することが可能になる。

なお、上記の第 5 実施形態では、光 S N R モニタ装置 1 0 で取得した光 S N R に応じて光送信装置 1 の光源 1 a の駆動状態をフィードバック制御する一例を示したが、例えば、光源 1 a または変調器 1 b から出力される光信号のパワーを可変光減衰器や光アンプ等を利用して調整するような構成では、可変光減衰器の減衰量や光アンプの利得をフィードバック制御するようにしてもよい。

#### 【 0 0 5 1 】

また、前述した第 4 実施形態の場合のように伝送光に生じた P M D を動的に補償するシステムについては、例えば図 2 0 に示すように、受信端に設置された自動 P M D 補償装置 2 0 の D O P 測定器 2 3 で測定された偏光度に基づいて光 S N R 演算回路 1 3 で演算された伝送光の光 S N R が、下り回線を介して光送信装置 1 にフィードバックされるようにすればよい。このような構成によれば、高い光 S N R を安定して確保できる超高速光伝送システムを実現することが可能になる。

#### 【 0 0 5 2 】

次に、本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 6 実施形態について説明する。

図 2 1 は、第 6 実施形態の光伝送システムを示す構成図である。

図 2 1 に示すシステム構成は、波長の異なる  $n$  波の光信号を波長多重した W D M 光が光送信装置 1 から光伝送路 3 および光中継器 4 を介して光受信装置 2 に伝送される多中継 W D M 光伝送システムについて、例えば、送信端、各中継区間お

よび受信端のそれぞれにおいて伝送光の光 S N R をモニタし、各々のモニタ結果に応じて、光送信装置 1 から光伝送路 3 に送信される WDM 光の各波長光パワーをフィードバック制御することにより、光受信装置 2 で受信される WDM 光について所望の光 S N R が得られるようにした一例である。具体的に、ここでは例えば送信端および各中継区間には、上述の図 1 1 に示した構成と同様にして波長可変光フィルタを用い、上り回線および下り回線で光 S N R 演算回路 1 3 を共用化した光 S N R モニタ装置 1 0 が設置され、また、光受信装置 2 内には、上述の図 7 に示した構成と同様にして各波長に対応した光 S N R モニタ装置 1 0 - 1 ~ 1 0 - n が備えられ、各光 S N R モニタ装置の光 S N R 演算回路 1 3 から出力される伝送光の光 S N R が対向回線を介して光送信装置 1 にフィードバックされる。なお、図 2 1 の実線矢印は上り回線についてモニタされた光 S N R が下り回線を介してフィードバックされるとき経路に対応し、破線矢印は下り回線についてモニタされた光 S N R が上り回線を介してフィードバックされるとき経路に対応している。

## 【 0 0 5 3 】

光送信装置 1 は、対向回線を介してフィードバックされる伝送光の光 S N R に応じ、プリエンファシス制御回路 1 D で生成した制御信号に従って、各波長に対応した送信器 1 A - 1 ~ 1 A - n の駆動状態を調整することにより、光伝送路 3 に送出する WDM 光のプリエンファシス制御を行う。このプリエンファシス制御とは、光受信装置 2 で受信される各波長の光信号の光 S N R が均一になるように送信光のパワーを制御することである。具体的には、例えば図 2 2 の上段に示すように多中継伝送後の各波長の光信号の光 S N R が不均一になる場合に、各波長間の光 S N R の差が打ち消されるように各々の波長の送信光パワーに予め偏差を与えることで、図 2 2 の下段に示すような各波長で均一の光 S N R を持った WDM 光を受信できるようにする制御である。

## 【 0 0 5 4 】

上記のような構成の多中継 WDM 光伝送システムによれば、光受信装置 2 で受信される WDM 光の各波長に対応した光 S N R のモニタ結果を光送信装置 1 にフィードバックして送信光パワーのプリエンファシス制御を行うようにしたことで

、各波長で均一な高い光 S N R を有する W D M 光を安定して多中継伝送することができる。また、受信端に加えて各中継区間や送信端における光 S N R のモニタ結果についても光送信装置 1 にフィードバックすることによって、より精度の高いプリエンファシス制御を実現することが可能になる。

## 【 0 0 5 5 】

なお、上記の第 6 実施形態では、光受信装置 2 について各波長に対応した光 S N R モニタ装置 1 0 - 1 ~ 1 0 - n を設けるようにしたが、上述の図 8 に示した構成と同様にして光スイッチを利用することで D O P 測定器 1 2 および光 S N R 演算回路 1 3 を各波長で共用化した光 S N R モニタ装置 1 0 を光受信装置 2 に設けるようにしてもよい。この場合の構成例を図 2 3 に示しておく。

## 【 0 0 5 6 】

次に、本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 7 実施形態について説明する。

図 2 4 は、第 7 実施形態の光伝送システムを示す構成図である。

図 2 4 に示すシステム構成が前述の図 2 1 に示した第 6 実施形態のシステム構成と異なる部分は、光受信装置 2 が W D M 光の各波長に対応した自動 P M D 補償装置 2 0 - 1 ~ 2 0 - n を備え、P M D の動的な補償のために測定される偏光度に基づいて各光 S N R 演算回路 1 3 - 1 ~ 1 3 - n でモニタされる各々の波長に対応した光 S N R が、対向回線を介して光送信装置 1 にフィードバックされるようにした部分である。なお、この光受信装置 2 の構成は、上述の図 1 4 に示した光受信装置の構成に対応するものである。

## 【 0 0 5 7 】

上記のような構成の多中継 W D M 光伝送システムでは、各波長に対応した自動 P M D 補償装置 2 0 - 1 ~ 2 0 - n で測定される偏光度に基づいて各波長の光信号の光 S N R がモニタされ、各々の光 S N R に関する情報が対向回線を介して光送信装置 1 にフィードバックされて、送信光パワーのプリエンファシス制御が行われるようになる。これにより、光受信装置 2 で受信される各波長の光信号の偏光状態および光 S N R を簡略な構成によりモニタして、受信光の P M D 補償および送信光のプリエンファシス制御を高い精度で安定して行うことが可能になる。

【0058】

なお、上記の第7実施形態では、光受信装置2について各波長に対応した自動PMD補償装置20-1～20-nおよび光SNR演算回路13-1～13-nを設けるようにしたが、上述の図15に示した構成と同様にして光スイッチ25を用いて共用化したDOP測定器23により各波長に対応した偏光度を測定するようにした自動PMD補償装置20を光受信装置2に備えるようにしてもよい。この場合の構成例を図25に示しておく。

【0059】

また、上記の第7実施形態では、各波長の伝送光に生じたPMDが光受信装置2において動的に補償され、各中継区間ではPMD補償が行われない場合について説明したが、例えば図26および図27に示すように、各中継区間についても自動PMD補償装置20、20'を配置して動的なPMD補償が行われる構成とし、各々の中継区間の自動PMD補償装置で測定される偏光度に基づいて上下回線で共用化された光SNR演算回路13でモニタされる光SNRが対向回線を介して光送信装置1、1'にフィードバックされるようにしてもよい。なお、図26に示した構成は前述の図24に対応した一例であり、図27に示した構成は上記の図25に対応した一例である。

【0060】

以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

【0061】

(付記1) 光伝送システムを伝送される光信号の偏光度を測定し、該偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光信号対雑音比を判断することを特徴とする光信号対雑音比のモニタ方法。

【0062】

(付記2) 付記1に記載のモニタ方法であって、

前記光信号の偏光度の初期値を記憶し、該記憶した初期値に対する前記偏光度の測定値の変化量に応じて、前記光信号の光信号対雑音比の変化量を判断することを特徴とする光信号対雑音比のモニタ方法。

【0063】



(付記 3) 付記 2 に記載のモニタ方法であって、

前記偏光度の測定値が前記初期値を超えたとき、当該測定値を初期値として再設定することを特徴とする光信号対雑音比のモニタ方法。

【 0 0 6 4 】

(付記 4) 光送信装置から光伝送路を介して光受信装置に光信号を伝送する光伝送システムにおいて、

前記光信号の偏光度を測定する偏光度測定部と、

該偏光度測定部で取得される偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光信号対雑音比を判断する光信号対雑音比演算部と、

を備えて構成されたことを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 6 5 】

(付記 5) 付記 4 に記載の光伝送システムであって、

前記偏光度測定部は、前記光伝送路を伝搬して前記光受信装置に入力される光信号の偏光度を測定することを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 6 6 】

(付記 6) 付記 4 に記載の光伝送システムであって、

前記光伝送路上に少なくとも 1 つの光中継器を備え、前記光送信装置から送信される光信号が複数の中継区間を伝送されて前記光受信装置で受信されるとき、

前記偏光度測定部は、前記光送信装置から出力される光信号、各中継区間を伝搬した各々の光信号および前記光受信装置に入力される光信号のうちの少なくとも 1 つの光信号の偏光度を測定することを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 6 7 】

(付記 7) 付記 4 に記載の光伝送システムであって、

波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重光が伝送されるとき、

前記偏光度測定部は、前記波長多重光に含まれる各波長の光信号の偏光度をそれぞれ測定し、

前記光信号対雑音比演算部は、前記偏光度測定部で取得される偏光度の測定値に基づいて、各波長に対応した光信号対雑音比を判断することを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 6 8 】

（付記 8） 付記 7 に記載の光伝送システムであって、  
前記偏光度測定部および前記光信号対雑音比演算部は、前記波長多重光に含まれる各波長の光信号ごとに複数設けられることを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 6 9 】

（付記 9） 付記 7 に記載の光伝送システムであって、  
前記波長多重光に含まれる各波長の光信号のうちから 1 つの光信号を選択する選択部を備え、

前記偏光度測定部は、前記選択部で選択された光信号の偏光度を測定し、

前記光信号対雑音比演算部は、前記偏光度測定部で取得される偏光度の測定値に基づいて、前記選択部で選択された光信号の光信号対雑音比を判断することを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 7 0 】

（付記 1 0） 付記 9 に記載の光伝送システムであって、  
前記選択部は、前記波長多重光を波長に応じて分波する分波器と、該分波器で分波された各波長の光信号のうちの 1 つの光信号を選択して前記偏光度測定部に与える光スイッチとを有することを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 7 1 】

（付記 1 1） 付記 9 に記載の光伝送システムであって、  
前記選択部は、前記波長多重光から 1 つの波長の光信号を抽出して前記偏光度測定部に与える波長可変光フィルタを有することを特徴とする光伝送システム。

【 0 0 7 2 】

（付記 1 2） 付記 4 に記載の光伝送システムであって、  
前記光信号に発生した偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償器と、該偏波モード分散補償器で偏波モード分散が補償された光信号の偏光度を測定する偏光度測定器と、該偏光度測定器の測定結果に基づいて前記偏波モード分散補償器における補償量を制御する制御回路と、を有する自動偏波モード分散補償装置を備えるとき、

前記光信号対雑音比演算部は、前記偏光度測定部に代えて前記自動偏波モード

分散補償装置の偏光度測定器で取得される偏光度の測定値に基づいて、前記光信号の光信号対雑音比を判断することを特徴とする光伝送システム。

【0073】

(付記13) 付記4に記載の光伝送システムであって、

前記光信号対雑音比演算部で判断される光信号対雑音比に基づいて、前記光受信装置で受信される光信号の光信号対雑音比が予め設定した値となるように、前記光送信装置から出力される光信号のパワーを制御する制御部を備えたことを特徴とする光伝送システム。

【0074】

(付記14) 付記13に記載の光伝送システムであって、

波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重光が伝送されるとき、

前記制御部は、前記光信号対雑音比演算部で判断される各波長に対応した光信号対雑音比に基づいて、前記光送信装置から出力される各波長の光信号パワーのプリアンファシス制御を行うことを特徴とする光伝送システム。

【0075】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光SNRのモニタ方法およびそれを用いた光伝送システムによれば、光信号の偏光度に基づいて光SNRを判断するようにしたことで、従来のように機能の限定されたスペクトルアナライザユニット等を利用する場合に比べて、伝送光の光SNRを高い精度でモニタすることが可能になる。また、自動偏波モード分散補償装置を備えたシステムについては、偏波モード分散の自動補償のために測定される偏光度を利用して光SNRをモニタすることができるため、簡略な構成で低コストの光伝送システムを実現できる。さらに、モニタした光SNRに基づいて光送信装置から送信される光信号のパワーを制御するようにすれば、受信装置で受信される光信号について所要の光SNRを安定して確保することができる。これにより、1波長あたりの伝送速度が40Gb/s以上の超長距離光伝送システムを実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる光SNRのモニタ方法を適用した光伝送システムの

第 1 実施形態を示す構成図である。

【図 2】上記の第 1 実施形態における D O P 測定器の具体的な構成例とその測定方式を説明する図である。

【図 3】一般的な光伝送システムにおける偏光度と光 S N R の関係を例示する説明図である。

【図 4】一般的な光伝送システムにおける偏光度の経時劣化の様子を模式的に表した説明図であって、(A) は雑音成分のみが伝送される場合、(B) は伝送光に信号成分が含まれる場合を示したものである。

【図 5】一般的な光伝送システムにおける偏光度の経時劣化の様子を模式的に表した説明図であって、(A) は PMD 補償が行われていない場合、(B) は PMD 補償が行われている場合を示したものである。

【図 6】上記の第 1 実施形態に関連して多中継光伝送システムに本発明のモニタ方法を適用した場合の構成例を示す図である。

【図 7】本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 2 実施形態を示す構成図である。

【図 8】本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 3 実施形態を示す構成図である。

【図 9】上記の第 3 実施形態に関連して多中継 WDM 光伝送システムに本発明のモニタ方法を適用した場合の構成例を示す図である。

【図 1 0】上記の第 3 実施形態に関連して多中継 WDM 光伝送システムに本発明のモニタ方法を適用した場合の他の構成例を示す図である。

【図 1 1】上記の第 3 実施形態に関連して中継区間ごとに光 S N R をモニタするようにした場合の構成例を示す図である。

【図 1 2】本発明にかかる光 S N R のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 4 実施形態を示す構成図である。

【図 1 3】上記の第 4 実施形態に関連して多中継光伝送システムに本発明のモニタ方法を適用した場合の構成例を示す図である。

【図 1 4】上記の第 4 実施形態に関連して WDM 光伝送システムに本発明のモニタ方法を適用した場合の構成例を示す図である。

【図 1 5】上記の第 4 実施形態に関連して WDM 光伝送システムに本発明のモニタ方法を適用した場合の他の構成例を示す図である。

【図 1 6】図 1 3 の多中継光伝送システムについて中継区間ごとに PMD 補償を行う場合の構成例を示す図である。

【図 1 7】図 1 6 に関連して、多中継 WDM 光伝送システムについて中継区間ごとに PMD 補償を行う場合の構成例を示す図である。

【図 1 8】上記の各実施形態における偏光度に基づいた光 SNR のモニタ方法に関する好ましい応用例を説明する図である。

【図 1 9】本発明にかかる光 SNR のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 5 実施形態を示す構成図である。

【図 2 0】上記の第 5 実施形態に関連して受信端で PMD 補償を行う場合の構成例を示す図である。

【図 2 1】本発明にかかる光 SNR のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 6 実施形態を示す構成図である。

【図 2 2】上記の第 6 実施形態におけるプリエンファシス制御を説明する図である。

【図 2 3】上記の第 6 実施形態に関連して光スイッチを利用した光 SNR モニタ装置を用いた場合の構成例を示す図である。

【図 2 4】本発明にかかる光 SNR のモニタ方法を適用した光伝送システムの第 7 実施形態を示す構成図である。

【図 2 5】上記の第 7 実施形態に関連して光スイッチを利用した自動 PMD 補償装置を用いた場合の構成例を示す図である。

【図 2 6】図 2 4 のシステムについて中継区間ごとに PMD 補償を行う場合の構成例を示す図である。

【図 2 7】図 2 5 のシステムについて中継区間ごとに PMD 補償を行う場合の構成例を示す図である。

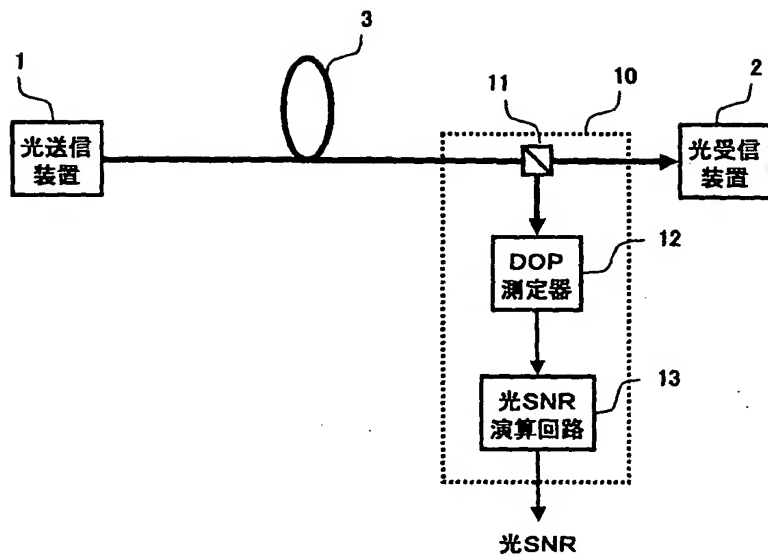
# 【符号の説明】

- 1, 1'      光送信装置
- 2, 2'      光受信装置

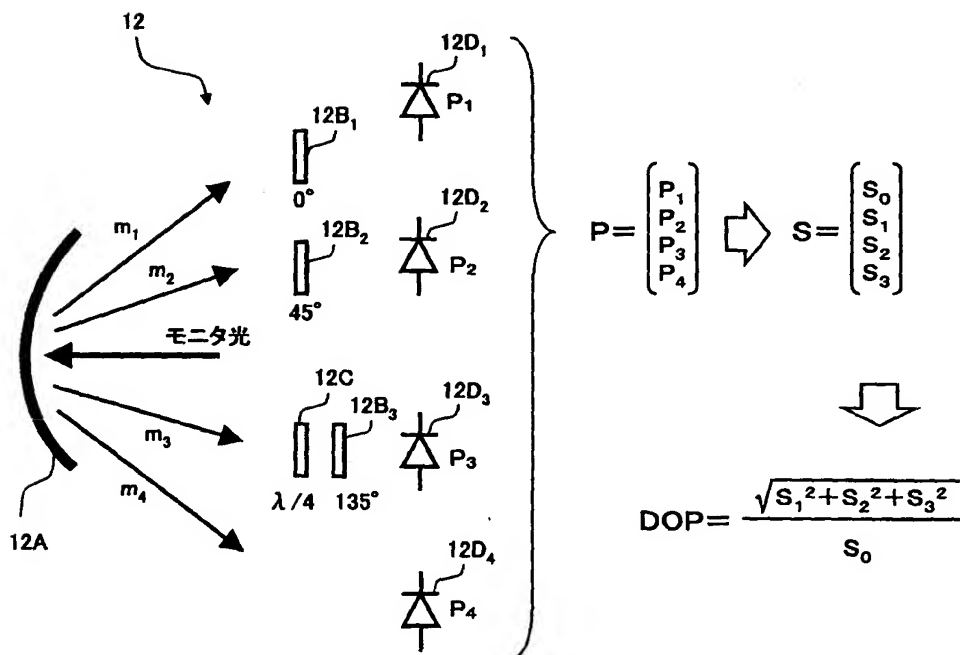
3, 3' 光伝送路  
4, 4' 光中継器  
10, 10-1 ~ 10-n 光SNRモニタ装置  
11, 11-1 ~ 11-n, 22, 22-1 ~ 22-n 光カプラ  
12, 23 DOP測定器  
13, 13-1 ~ 13-n 光SNR演算回路  
14, 25 光スイッチ  
15 波長可変光フィルタ  
20 自動PMD補償装置  
21 PMD補償器  
22, 22-1 ~ 22-n 光カプラ  
24 制御回路

【書類名】 図面

【図 1】

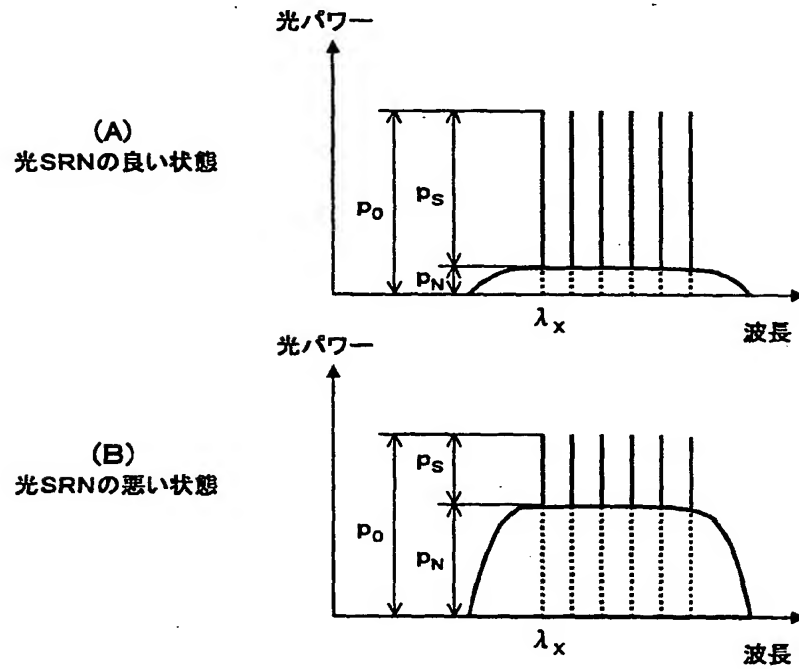


【図 2】



【図 3】

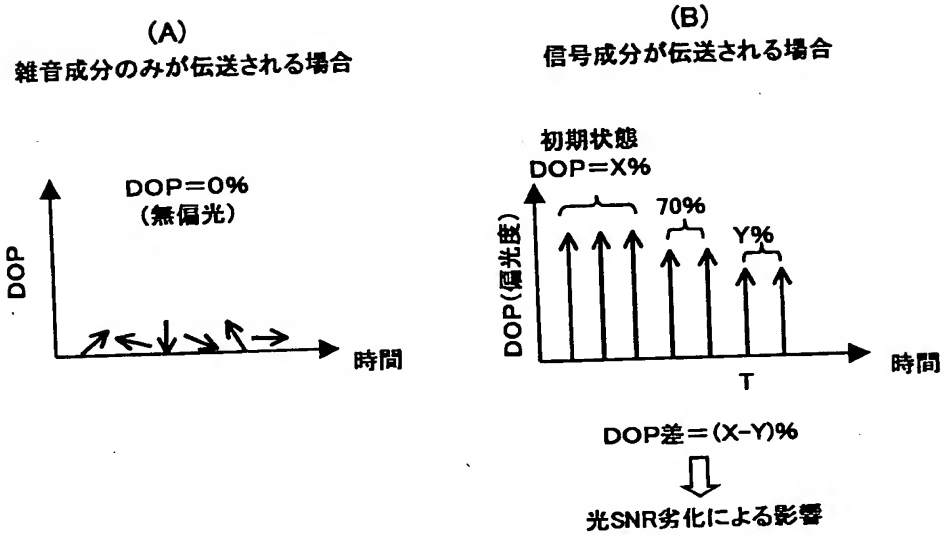
一般的な光伝送システムにおける伝送光の一例





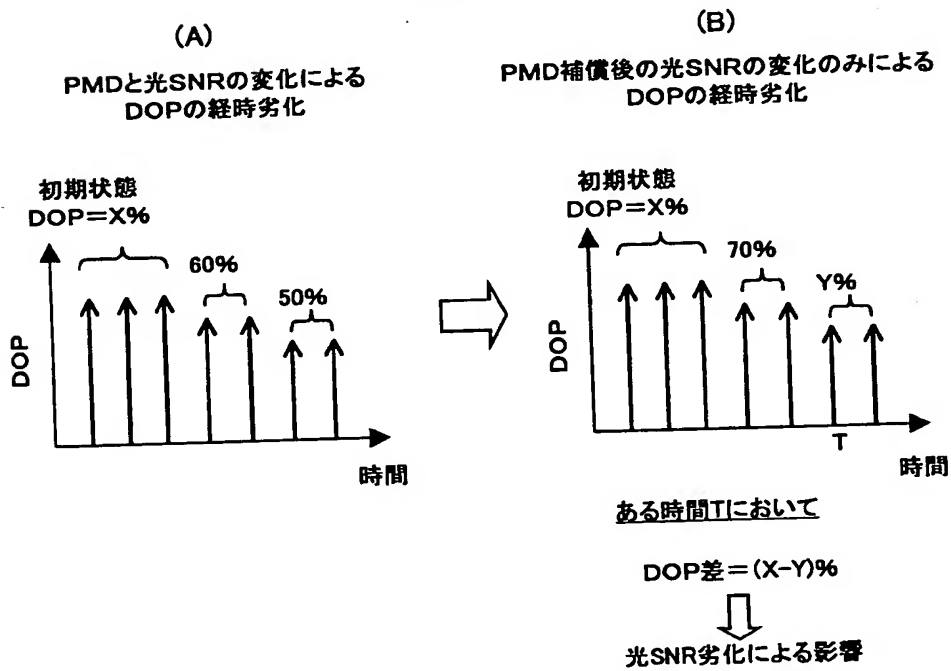
【図 4】

一般的な光伝送システムにおける  
DOPの経時劣化の一例

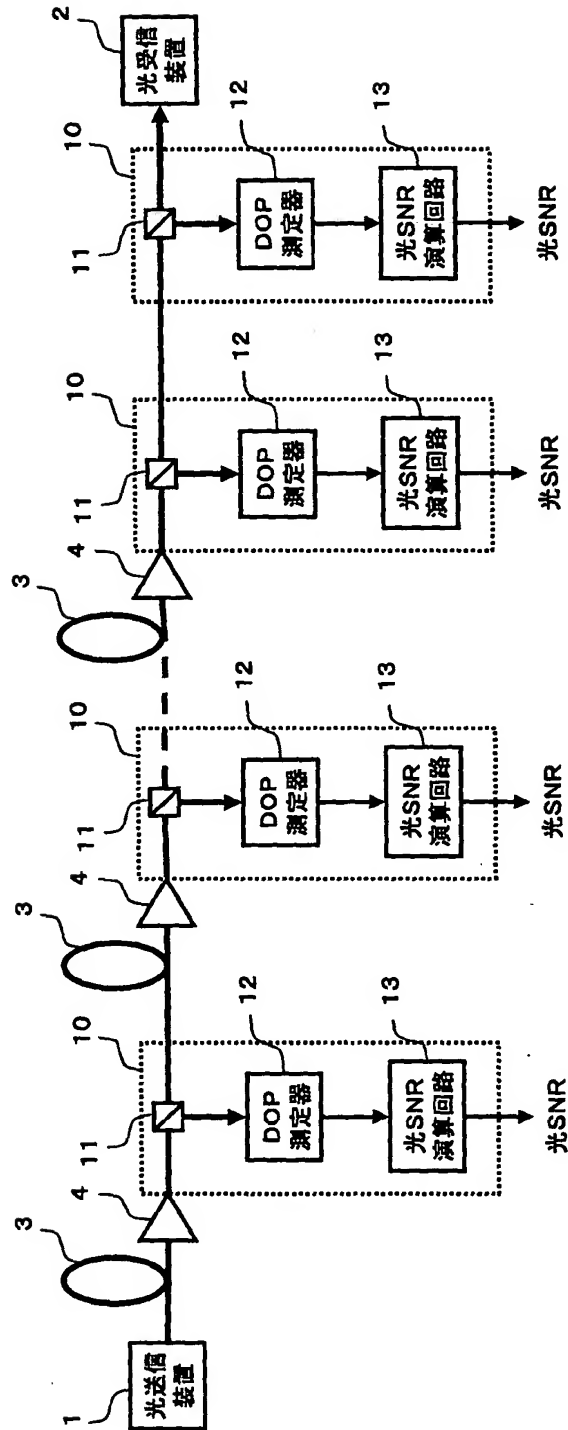


【図 5】

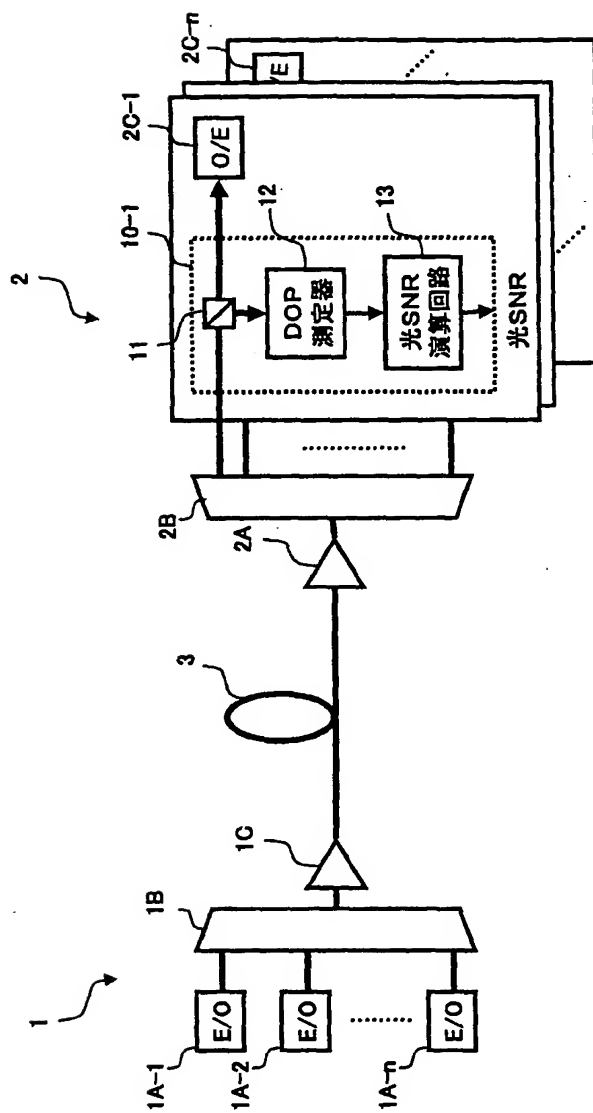
一般的な光伝送システムにおける  
DOPの経時劣化の一例



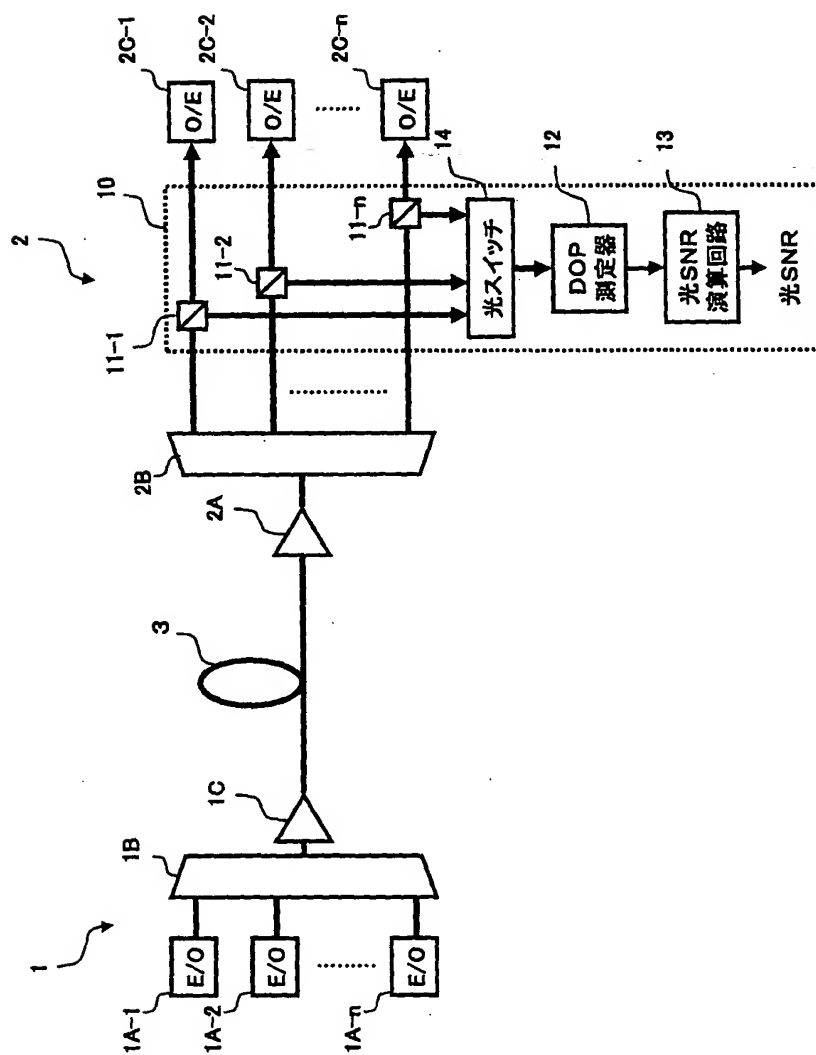
【図 6】



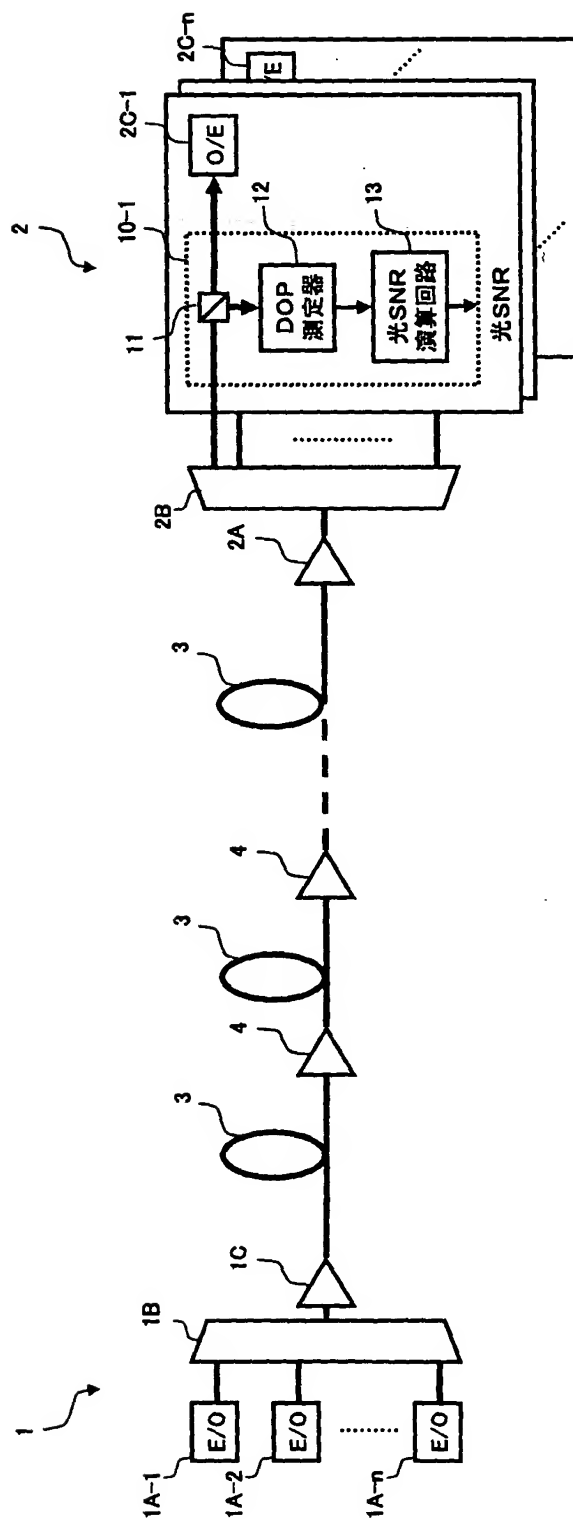
【図 7】



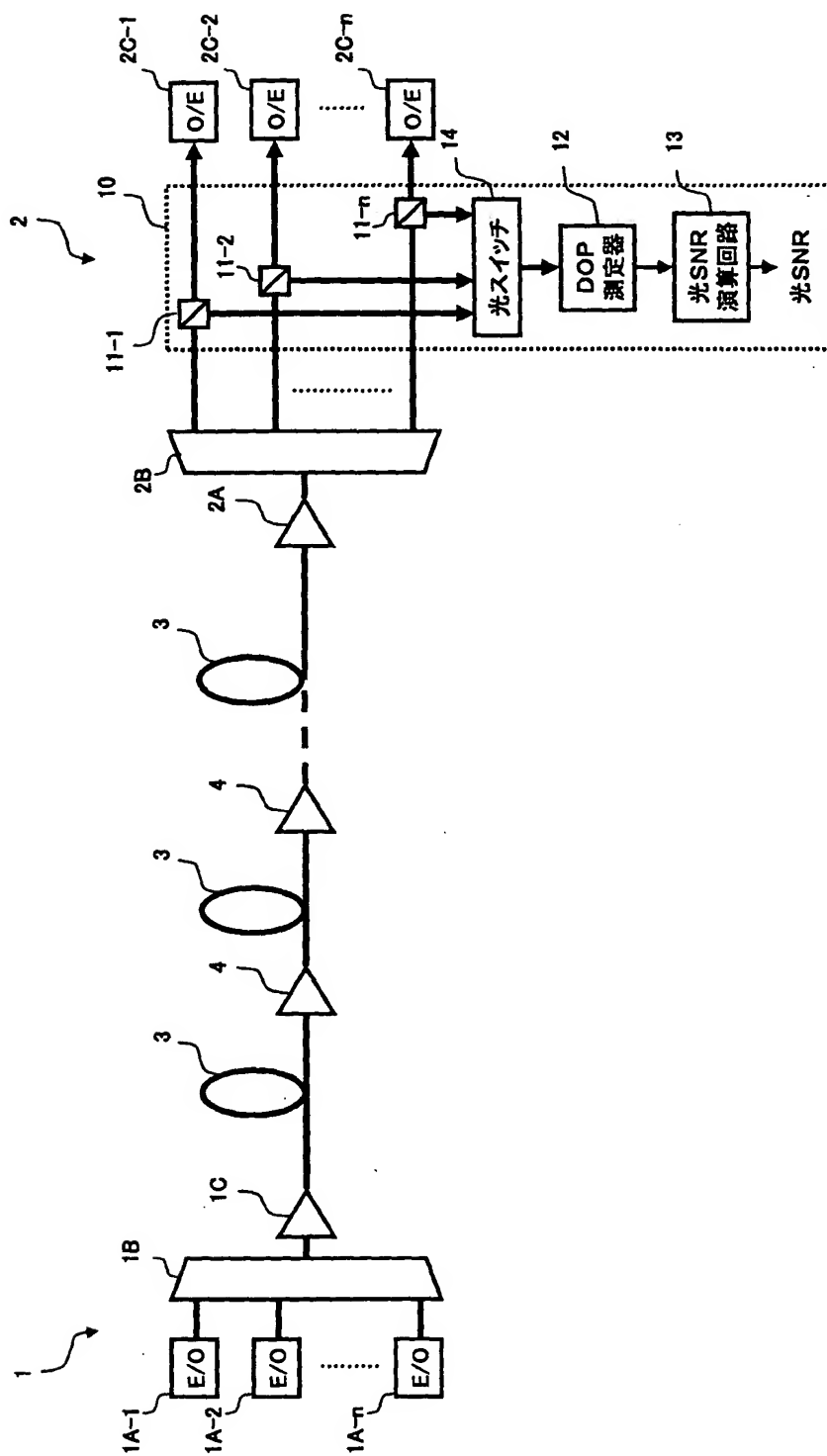
【図8】



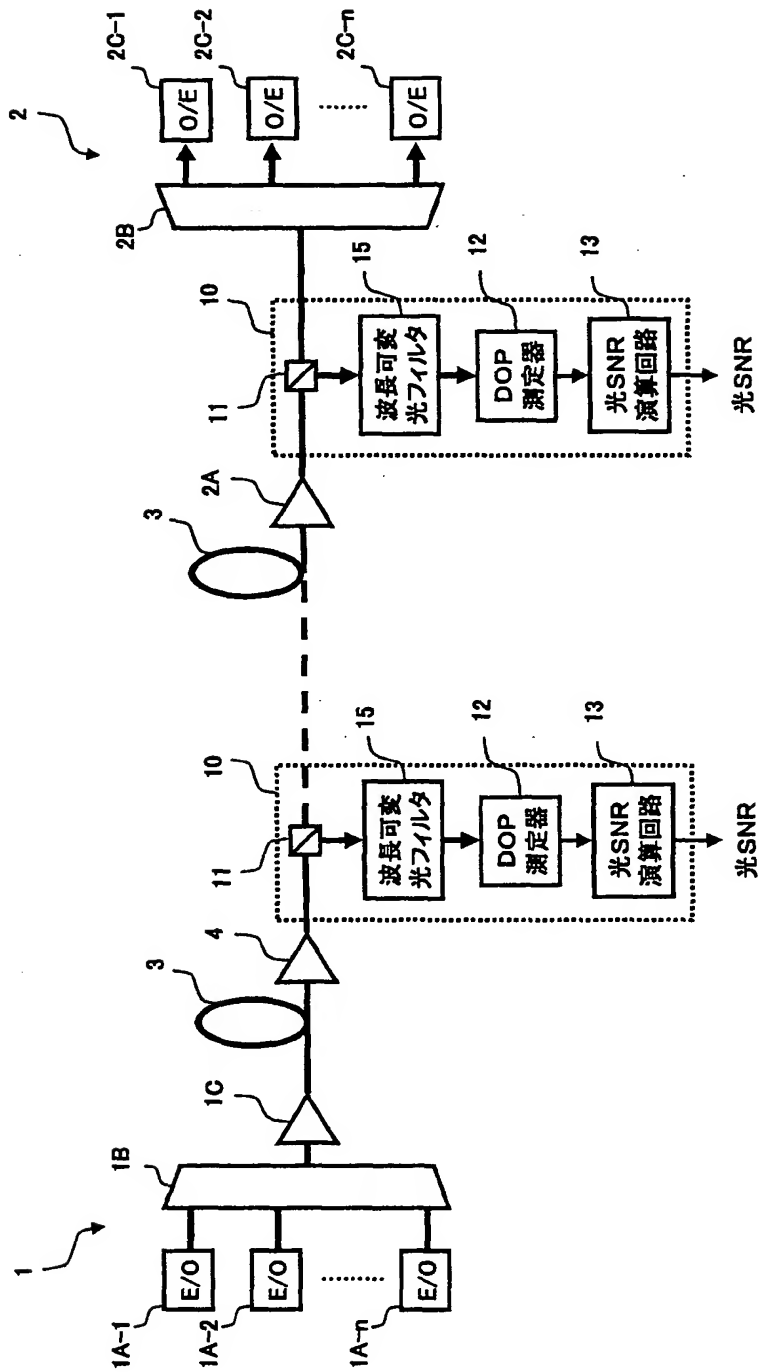
【図9】



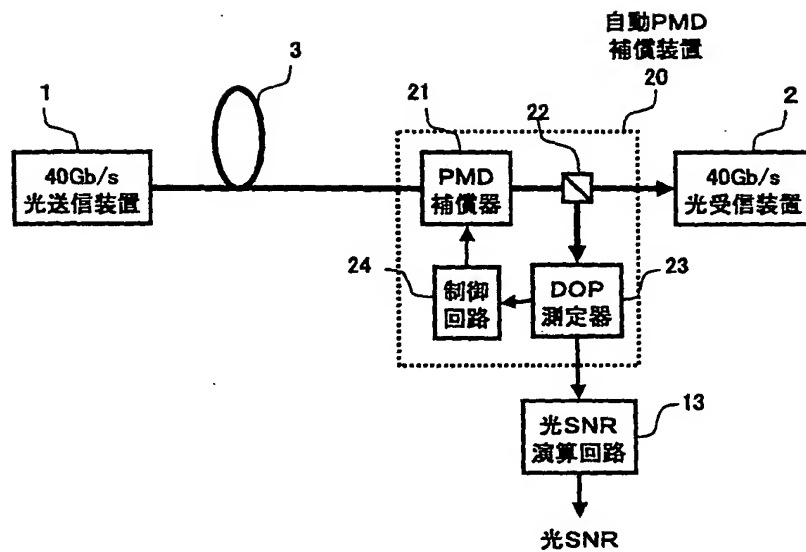
【図10】



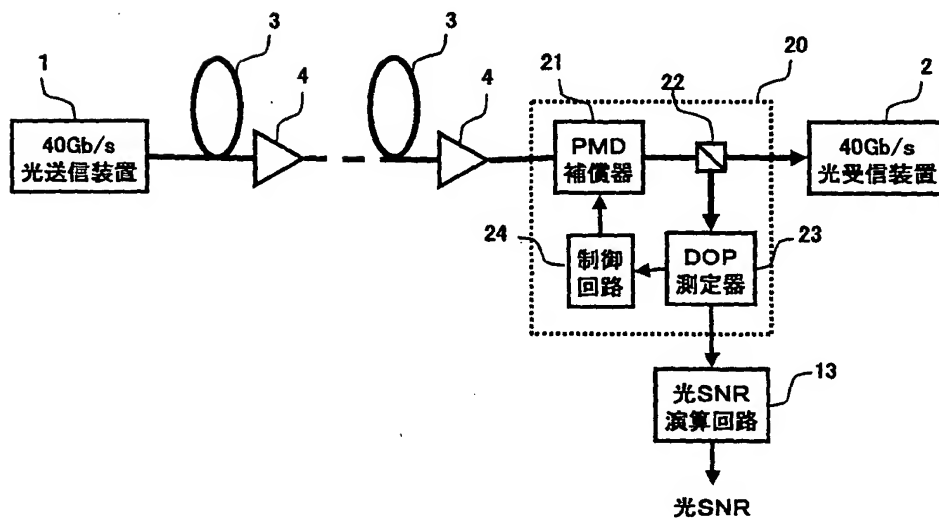
【図 11】



【図12】

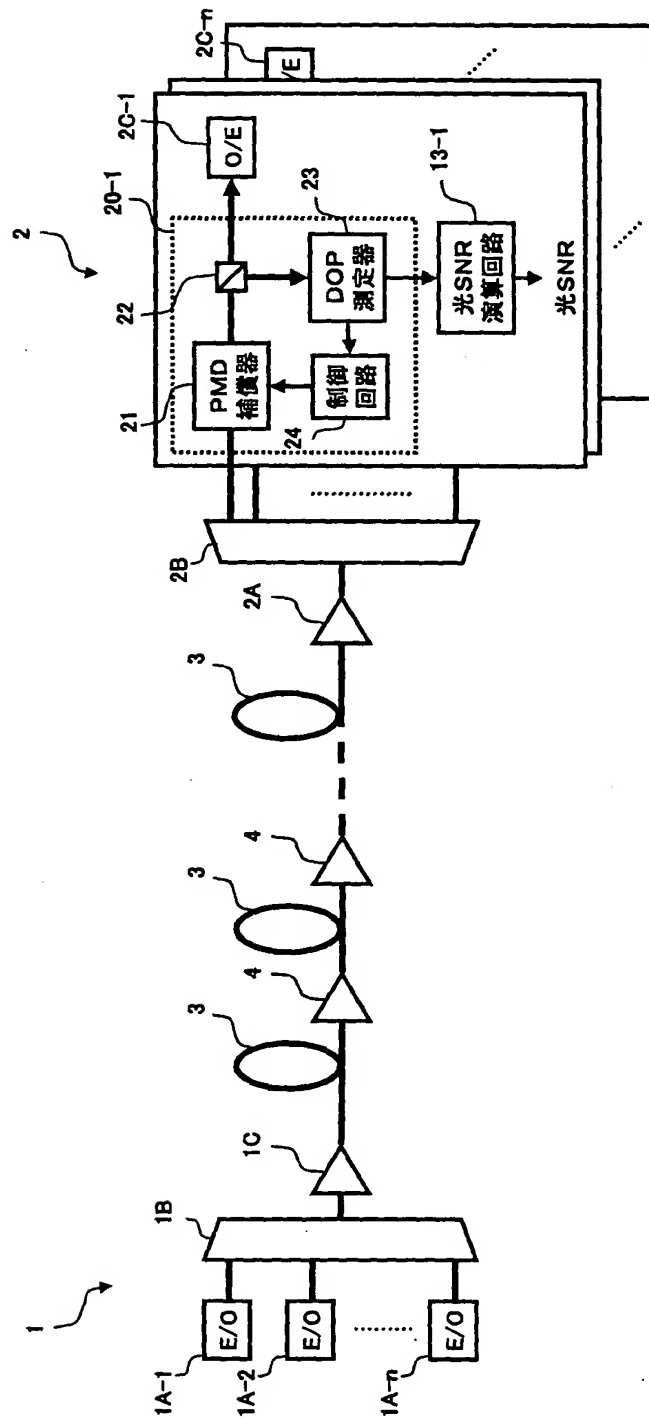


【図13】

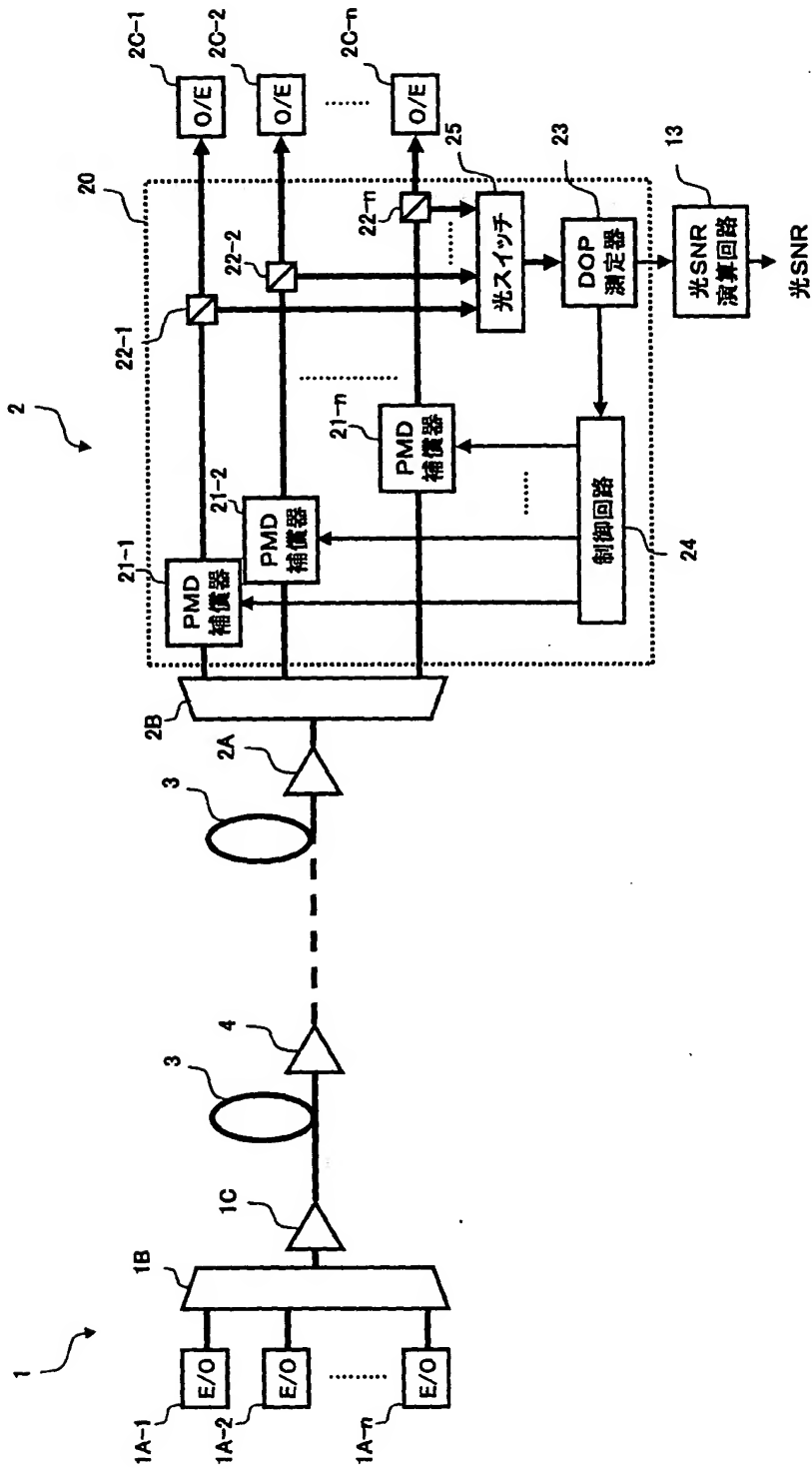




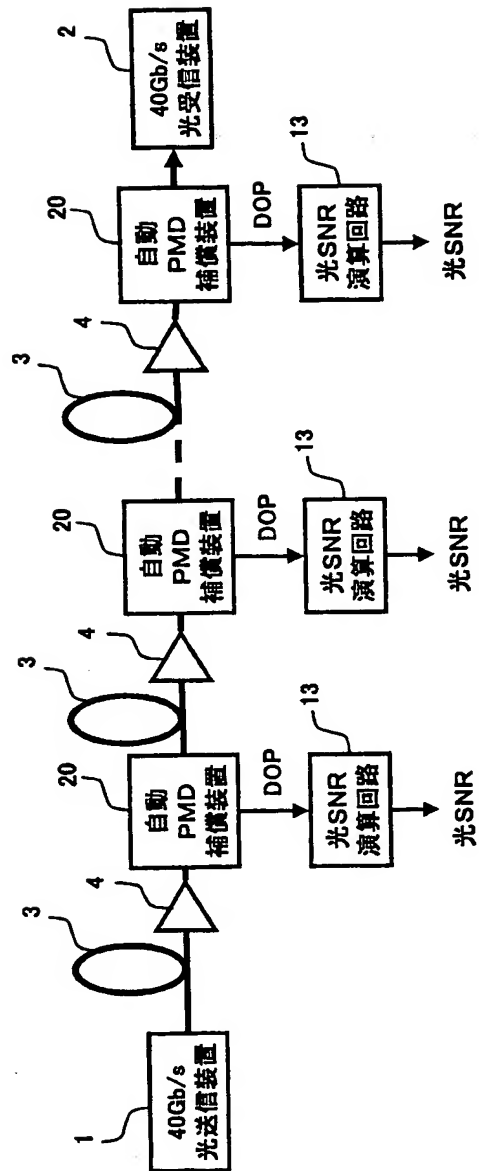
【図14】



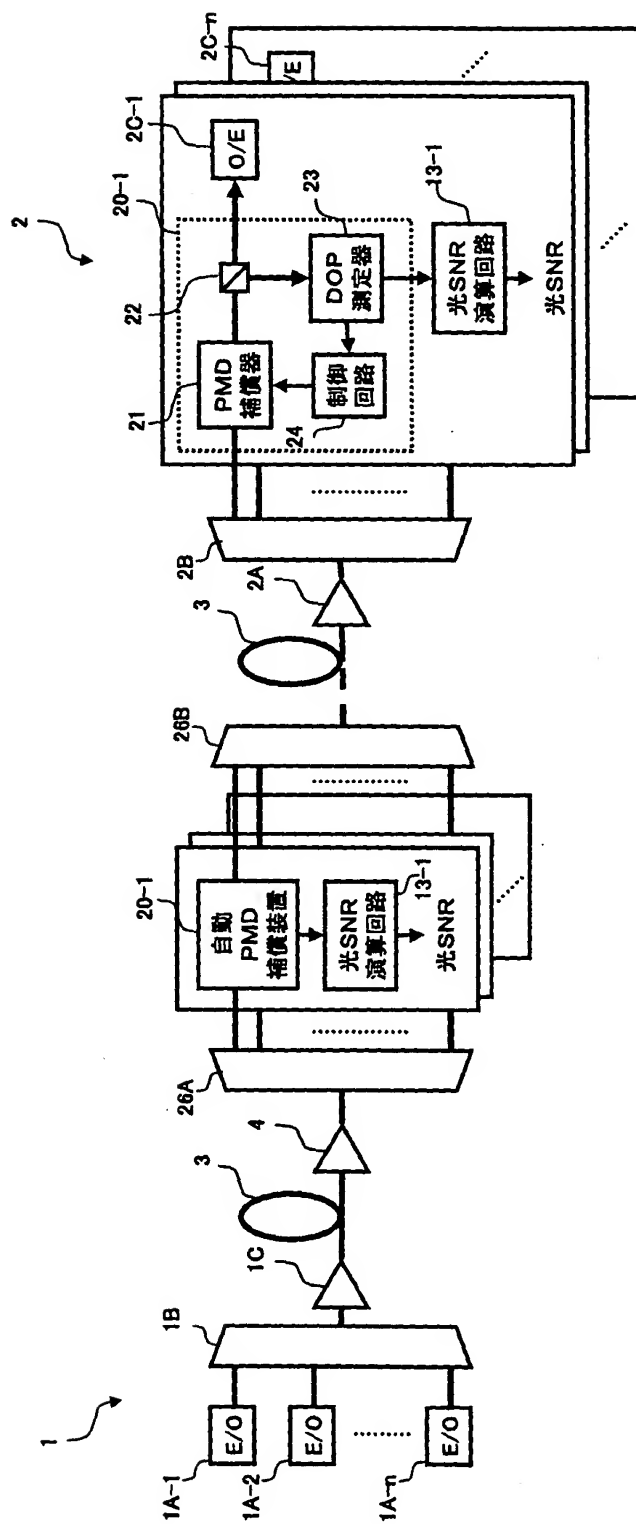
【図15】



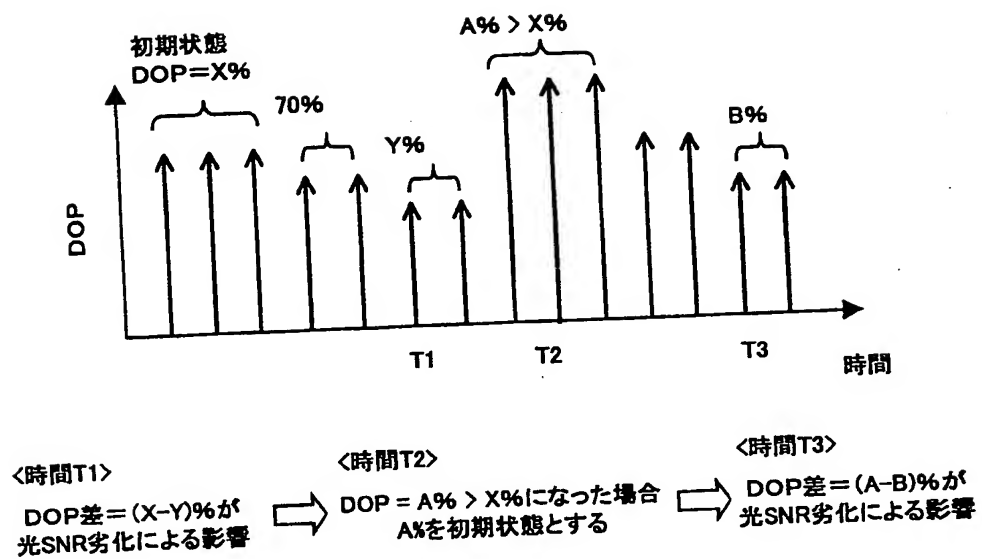
【図 16】



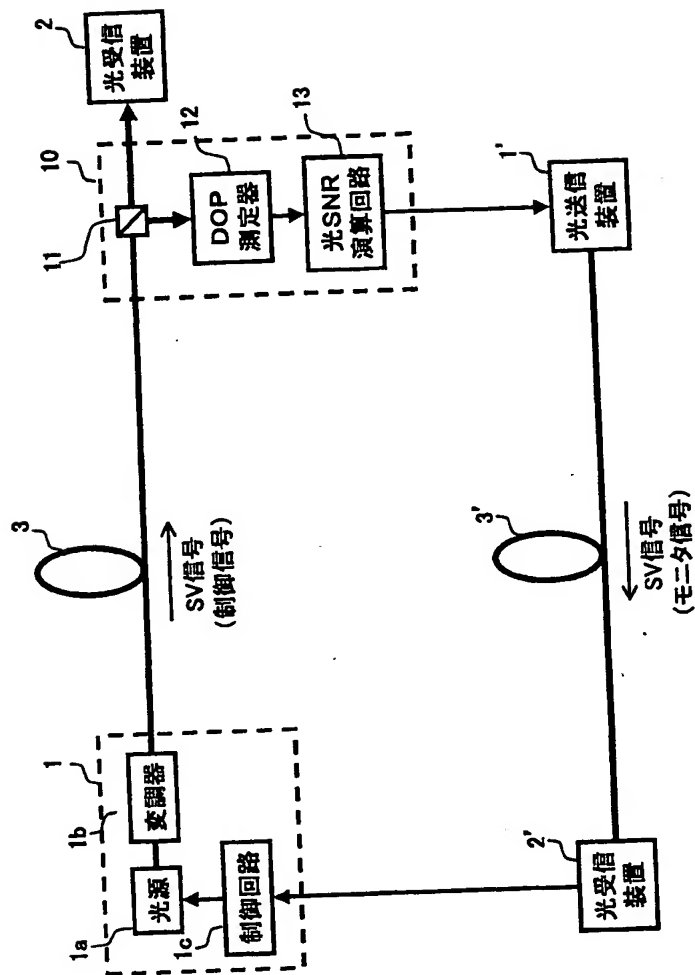
【図17】



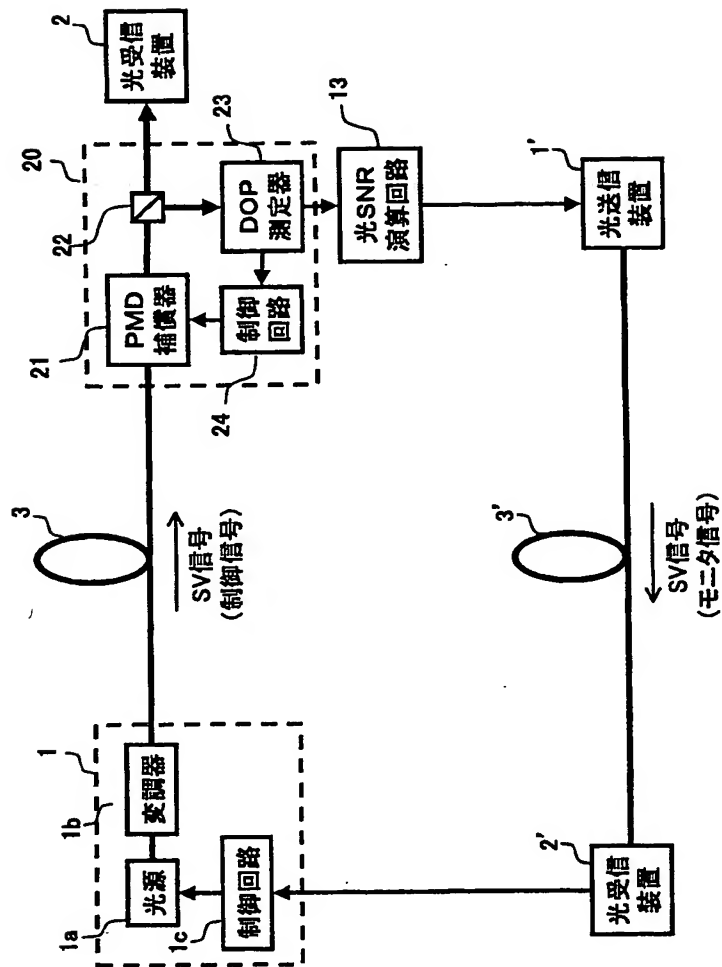
【図18】



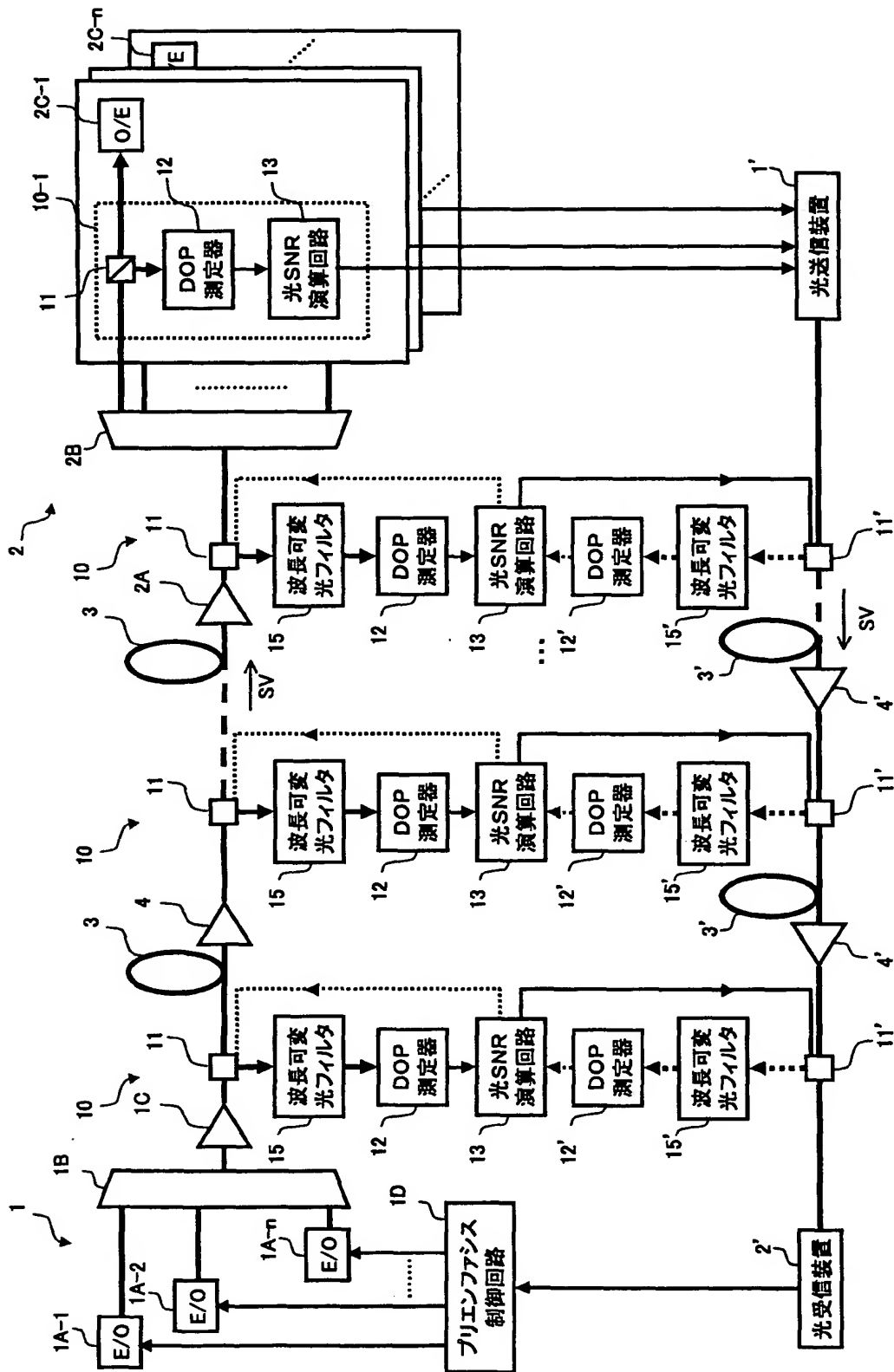
【図19】



【図 20】

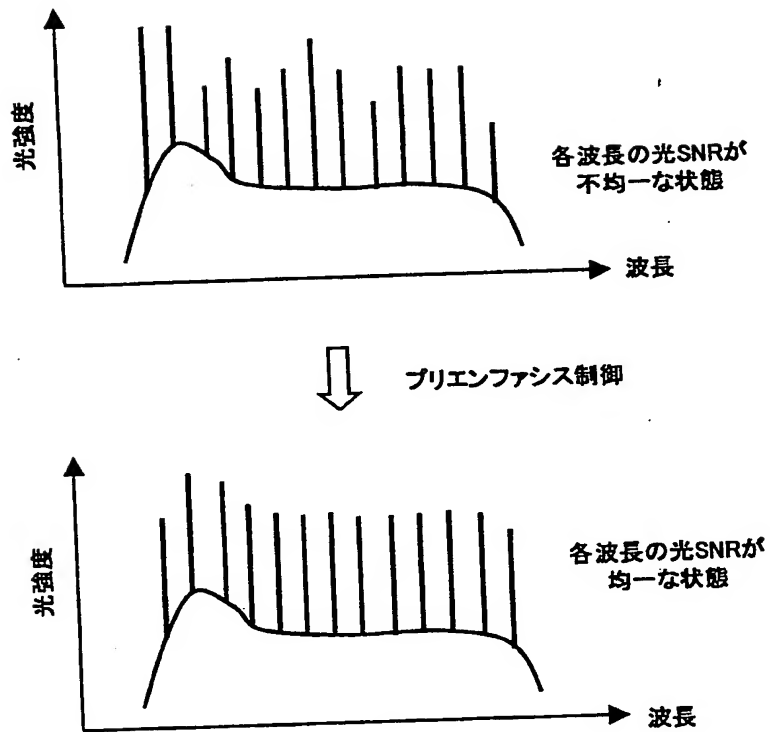


【図 21】

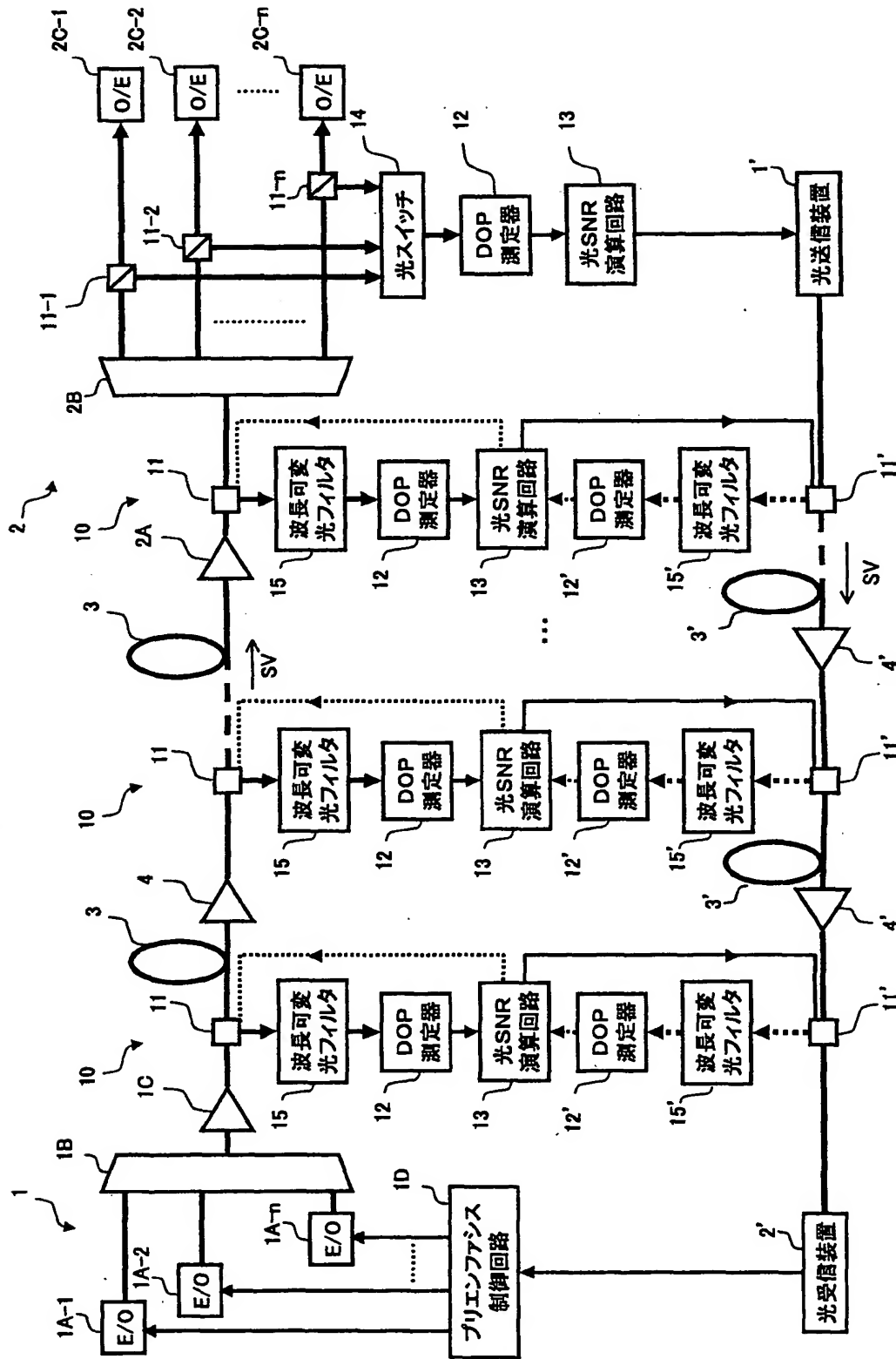




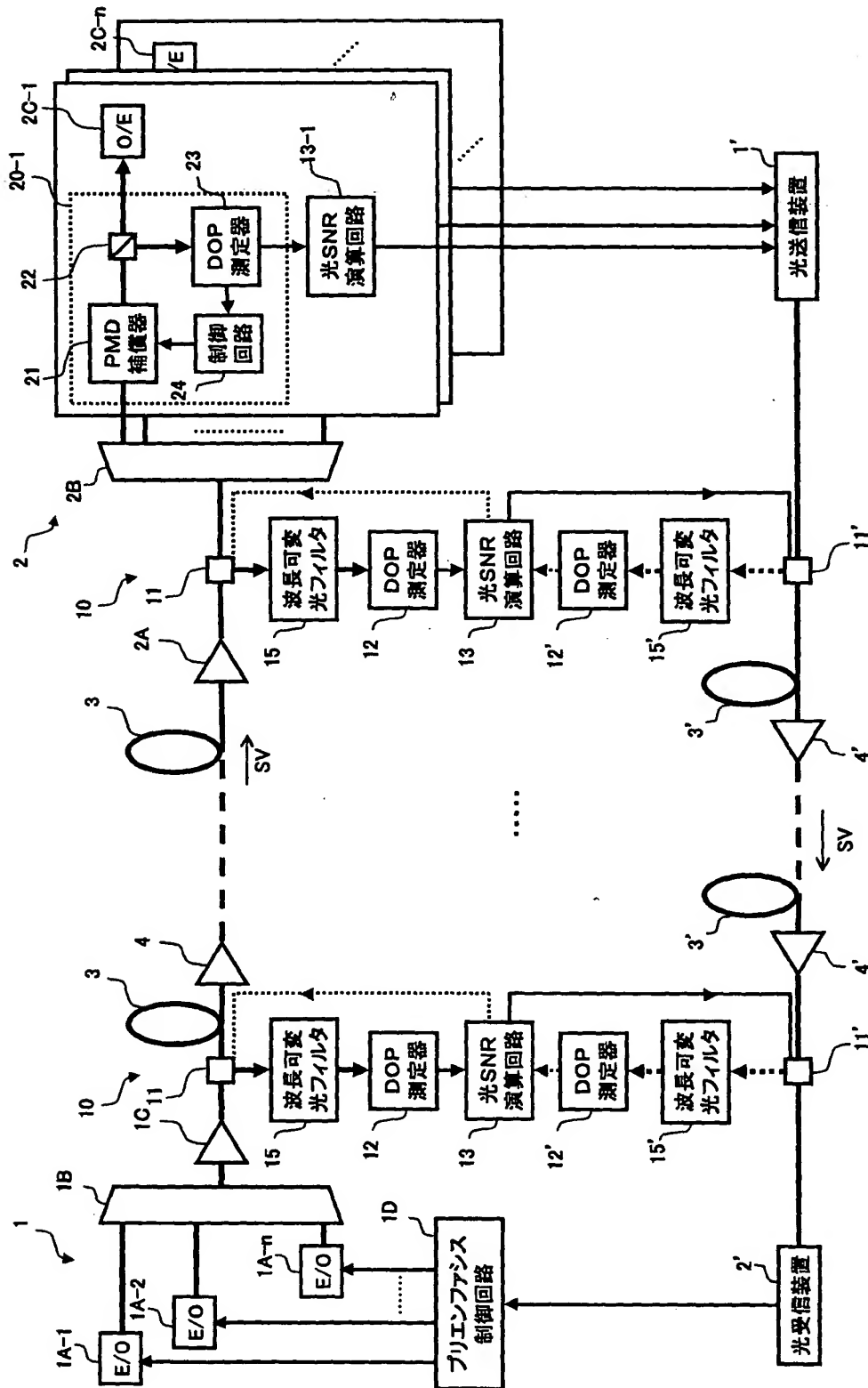
【図 22】



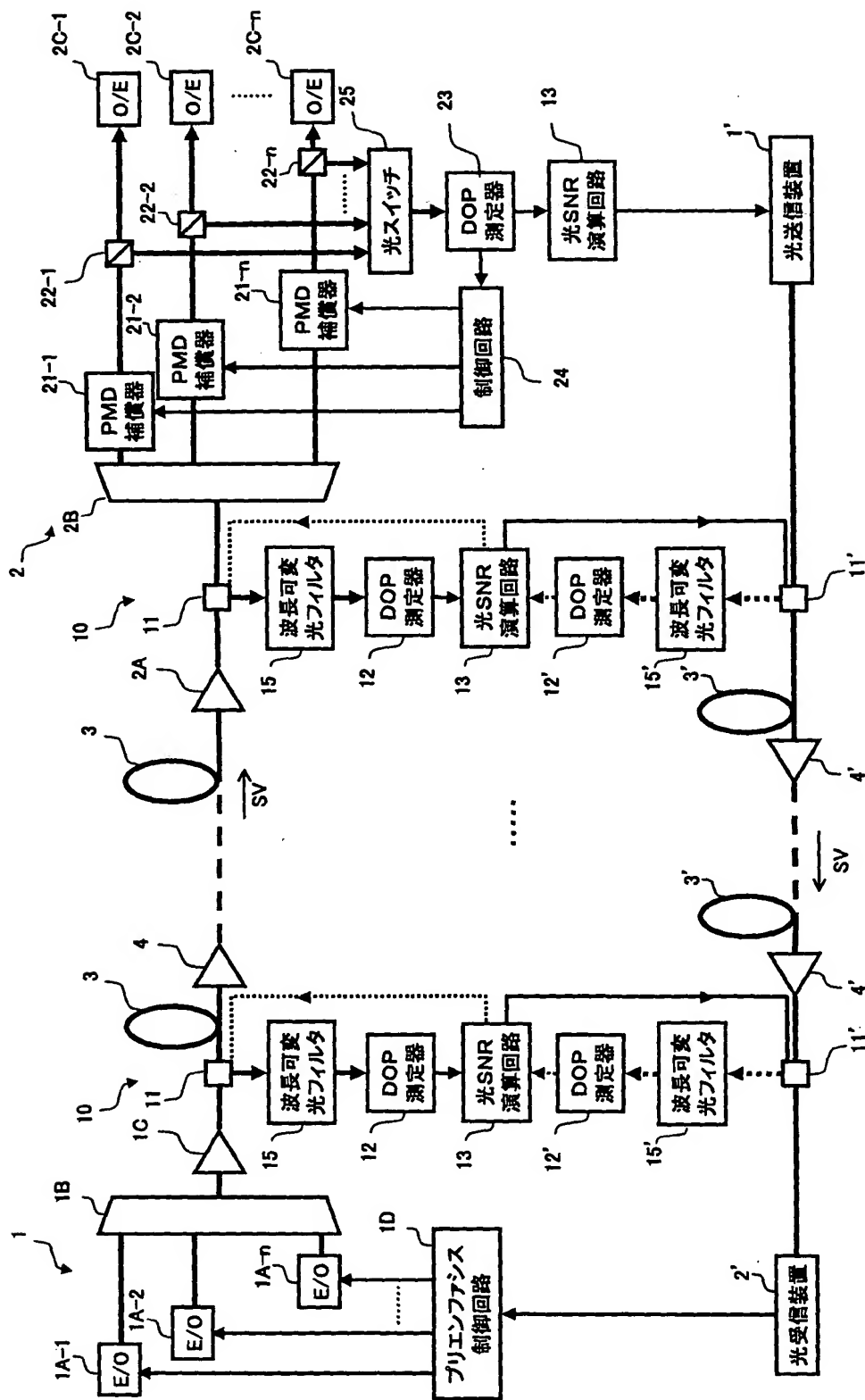
【図 23】



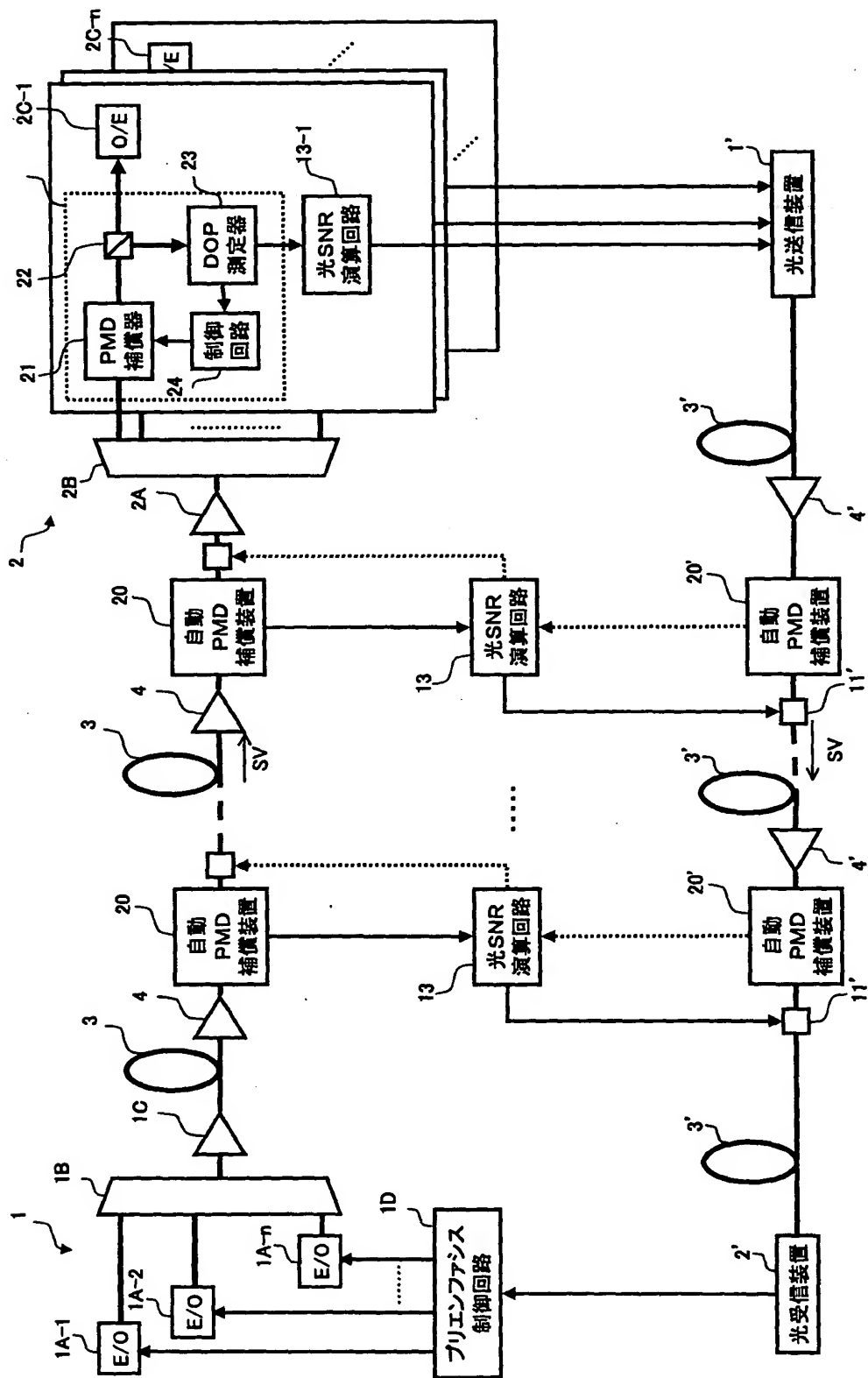
【図 24】



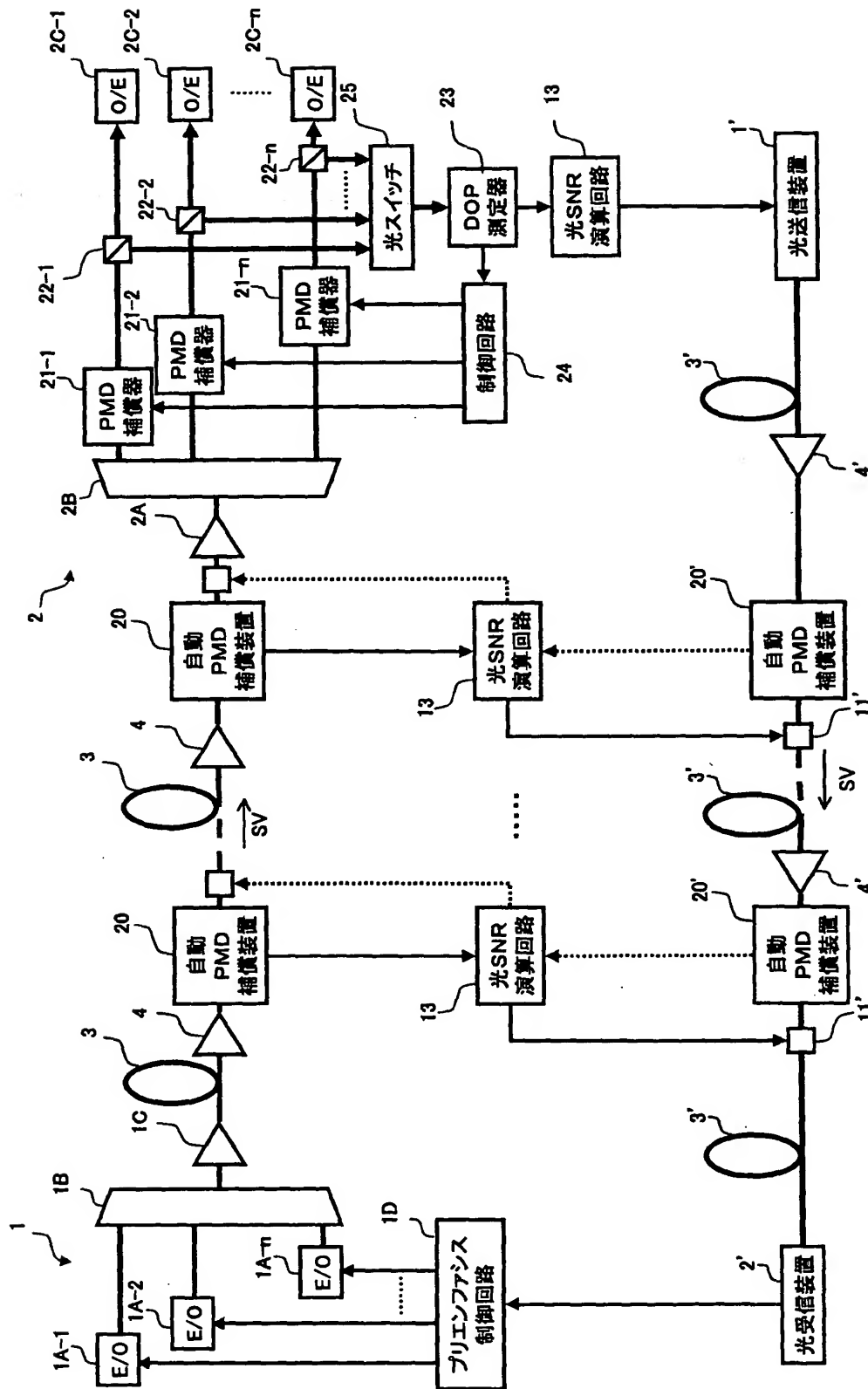
【図 25】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 超高速な光伝送システムにおける光 S N R を高い精度で測定することのできるモニタ方法およびそれを用いた光伝送システムを提供する。

【解決手段】 本発明のモニタ方法を適用した光伝送システムは、光送信装置 1 から光伝送路 3 を介して光受信装置 2 に伝送される光信号の偏光度を D O P 測定器 1 2 で測定し、その偏光度の測定値に基づいて上記光信号の光 S N R を光 S N R 演算回路 1 3 で判断することを特徴とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社